

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Konstrukční návrh stavební míchačky na beton

Engineering Design of Building Concrete Mixer

Student: Bc. Tomáš Heindrich
Vedoucí diplomové práce: Ing. Jan Blata

Ostrava 2010

Zadání diplomové práce

Student: Bc. Tomáš Heindrich
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství
Specializace: 72 Technická diagnostika, opravy a udržování
Téma: Konstrukční návrh stavební míchačky na beton.
Engineering Design of Building Concrete Mixer.

Zásady pro vypracování:

Vytvořte konstrukční návrh stavební míchačky na beton do objemu 130 litrů.

V rámci zadání zpracujte:

1. Rešerši a analýzu dané problematiky.
2. Návrh vhodné konstrukce celého zařízení.
3. Návrh hnacího převodu.
4. Proveďte patřičné výpočty.
5. Vypracujte vhodný postup údržby.
6. Proveďte vyhodnocení.

Seznam doporučené odborné literatury:

HELEBRANT, F. – ZIEGLER, J.: *Technická diagnostika a spolehlivost II – Vibrodiagnostika*. VŠB – TU Ostrava, Ostrava 2004, 1. vydání, 178 s., ISBN 80 – 248 – 0650 – 9.

TŮMA, J.: *Zpracování signálů získaných z mechanických systémů užitím FFT*. Sdčlovací technika Praha 1997, 174 s., ISBN 80-901936-1-7.

MILÁČEK, S.: *Měření a vyhodnocování mechanických veličin*. ČVUT v Praze 2001, 231 s., ISBN 80.01-02417-2

Rozsah práce: min. 40 stran textu mimo přílohy. Výkresová dokumentace v rozsahu min. 1xA0.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jan Blata**

Datum zadání: 10.11.2009

Datum odevzdání: 21.05.2010



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě ...21.5. 2010

Tomáš Heinrich
.....
podpis studenta

Prohlašuji že,

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB–TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB–TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé kvalifikační práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB–TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB–TUO v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB–TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB–TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 21.5.2010

Tomáš Heindrich

podpis

Tomáš Heindrich, Ostravská 198, Chotěbuz

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

HEINDRICH T. *Konstrukční návrh stavební míchačky na beton: diplomová práce.* Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2009, 54 s. Vedoucí práce: Blata, J.

Diplomová práce se zabývá konstrukčním návrhem, výpočtem a údržbou stavební míchačky na beton. V úvodu je proveden průzkum trhu, ve kterém jsou srovnány stavební míchačky na beton dostupné v České republice. Dále diplomová práce obsahuje volbu hnacího pohonu, návrh konstrukční řešení stavební míchačky na beton s patřičnými výpočty a návrh vhodné údržby. Konstrukční řešení navržené stavební míchačky na beton umožňuje míchání malty a betonových směsí do objemu 130 litrů.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

HEINDRICH T. *Engineering Design of Building Concrete Mixer: Master Thesis.* Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2009, 54 p. Thesis head: Blata J.

This master thesis deals with engineering design, calculation and maintainance of building concrete mixer. In the introduction of thesis performed i the market research of concrete mixers in Czech Republic and their comparing. This thesis contains the traction drive selection and design of construction and maintainance of concrete mixer. All relevant calculations master thesis contains too. Engineering design of concrete mixer allows mixing mortar and concrete mixtures by volume of 130 liters.

Obsah

	strana
Seznam použitých značek a symbolů	8
1 Cíle diplomové práce	11
2 Úvod	12
3 Průzkum trhu	13
3.1 Konstrukce stavebních míchaček na beton	13
3.2 Stavební míchačky na beton dostupné na českém trhu	20
4 Konstrukční návrh stavební míchačky na beton	26
4.1 Popis konstrukčního návrhu stavební míchačky na beton	26
4.2 Volba pohonu stavební míchačky na beton	27
4.3 Návrh a kontrola rámu stavební míchačky na beton	37
4.4 Návrh a kontrola rámu bubnu stavební míchačky na beton	41
4.5 Návrh bubnu stavební míchačky na beton	45
5 Postup údržby stavební míchačky na beton	53
6 Závěr	54
7 Seznam použitých pramenů	55
8 Seznam příloh	56
9 Přílohy	57

Seznam použitých značek a symbolů

<i>Značka</i>	<i>Název</i>	<i>Jednotka</i>
a	velikost svaru	[mm]
a_1	velikost vnější strany profilu	[mm]
a_2	velikost vnitřní strany profilu	[mm]
b	šířka pera	[mm]
C	základní dynamická únosnost ložiska	[N]
C_0	základní statická únosnost ložiska	[N]
D	velký průměr čepu	[mm]
d	malý průměr čepu	[mm]
d_1	malý průměr hřídele	[mm]
d_2	velký průměr hřídele	[mm]
d_{b1}	velký průměr bubnu	[mm]
d_{b2}	malý průměr bubnu	[mm]
d_k	průměr kolíku	[mm]
d_{min}	minimální průměr hřídele	[mm]
d_n	průměr nýtu	[mm]
d_p	průměr výstupního hřídele převodovky	[mm]
F	příčná síla	[N]
F_2	zatěžující síla	[N]
F_a	dynamické axiální zatížení ložiska	[N]
F_D	dovolená síla	[N]
F_{max}	maximální zatěžující síla	[N]
F_r	dynamické radiální zatížení ložiska	[N]
F_s	střižná síla	[N]
g	gravitační zrychlení	[m · s ⁻²]
i	poloměr kvadratického momentu průřezu	[mm]
i_p	převodový poměr převodovky	[—]
J	kvadratický moment průřezu	[mm ⁴]
J_1	kvadratický moment vnějšího průřezu	[mm ⁴]
J_2	kvadratický moment vnitřního průřezu	[mm ⁴]
J_{PSV}	kvadratický moment průřezu svaru	[mm ⁴]
J_{SVx}	kvadratický moment průřezu svaru vůči ose x	[mm ⁴]
k	součinitel vzpěrnosti	[—]
k_3	převodní součinitel čelní	[—]
k_4	převodní součinitel boční	[—]
k_s	statická bezpečnost	[—]
L	délka	[mm]
l	délka svaru	[mm]
l'	délka přímé části boku pera	[mm]

L_{10}	základní trvanlivost ložiska	[ot]
L_{10h}	základní trvanlivost ložiska v provozních hodinách	[hod]
l_k	délka kolíku	[mm]
l_{ns}	délka namáhané součásti	[mm]
l_p	délka pera	[mm]
m_{betonu}	hmotnost betonu	[kg]
M_K	krouticí moment převodovky	[Nm]
m_{max}	maximální hmotnost	[kg]
M_o	ohybový moment	[Nm]
n	počet nýtů	[–]
n_{betonu}	otáčky bubnu	[min ⁻¹]
n_{motoru}	otáčky elektromotoru	[min ⁻¹]
P	ekvivalentní dynamické zatížení	[N]
p	exponent	[–]
p_2	měrný tlak	[MPa]
p_{D2}	dovolený tlak	[MPa]
P_e	výkon elektromotoru	[W]
R	poloměr	[mm]
R_e	mez kluzu materiálu	[MPa]
S	plocha průřezu	[mm ²]
s	šířka profilu	[mm]
s_0	bezpečnost pro statickou únosnost valivého ložiska	[–]
S_1	plocha vnějšího průřezu	[mm ²]
s_1	tloušťka prvního spojovaného materiálu	[mm]
S_2	plocha vnějšího průřezu	[mm ²]
s_2	tloušťka druhého spojovaného materiálu	[mm]
s_{min}	minimální tloušťka spojovaného materiálu	[mm]
s_{celk}	celková tloušťka spojovaného materiálu	[mm]
S_{SV}	plocha průřezu svaru	[mm ²]
t	tloušťka stěny čepu	[mm]
t_1	hloubka drážky v náboji	[mm]
V_b	objem bubnu	[l]
v_b	výška bubnu	[mm]
W_K	průřezový modul v krutu	[mm ³]
W_{KSV}	průřezový modul svaru v krutu	[mm ³]
W_o	průřezový modul v ohybu	[mm ³]
W_{oSV}	průřezový modul svaru v ohybu	[mm ³]
W_{oSVx}	průřezový modul svaru v ohybu vůči ose x	[mm ³]
X	součinitel radiálního zatížení	[–]
Y	součinitel axiálního zatížení	[–]
z	rozměr svaru	[mm]
β	součinitel tloušťky koutového svaru	[mm]
λ	štíhlostní poměr	[–]

λ_m	mezní štíhlost	[–]
π	Ludolfovo číslo	[–]
ρ_{betonu}	hustota betonu	[$kg \cdot m^{-3}$]
σ_D	dovolené napětí v ohybu	[MPa]
σ_{Dt}	dovolené napětí svarového spoje	[MPa]
σ_{krit}	Tetmayerova – Jasinského rovnice	[MPa]
σ_o	ohybové napětí	[MPa]
σ_{red}	redukováné napětí	[MPa]
$\tau_{\parallel}^{M_K}$	jmenovité napětí od krouticího momentu	[MPa]
τ_{\parallel}	jmenovité smykové napětí od posouvající síly	[MPa]
τ_{\parallel}^F	jmenovité napětí od posouvající síly	[MPa]
$\tau_{\perp}^{M_K}$	jmenovité napětí od krouticího momentu	[MPa]
$\tau_{\perp}^{M_o}$	jmenovité napětí od ohybového momentu	[MPa]
τ_{\perp}	jmenovité smykové napětí od ohybového momentu	[MPa]
τ_D	dovolené napětí v krutu	[MPa]
τ_{Ds}	dovolené napětí ve střihu	[MPa]
τ_K	napětí v krutu	[MPa]
τ_s	napětí ve střihu	[MPa]

1 Cíle diplomové práce

V rámci splnění zadání diplomové práce mi byly stanoveny následující cíle:

1. vypracovat rešerši a analýzu dané problematiky.
2. navrhnout vhodnou konstrukci celého zařízení.
3. navrhnout hnací převod.
4. provést patřičné výpočty.
5. vypracovat vhodný postup údržby.
6. provést vyhodnocení

2 Úvod

Stavební míchačka na beton

Stavební míchačka na beton je nejpoužívanější stavební stroj, bez kterého se při většině stavebních prací člověk neobejde. Obecně lze říci, že stavební míchačka je specializovaný stavební stroj, konstruovaný za účelem mísení malt, betonových směsí nebo jiných materiálů. Toto zařízení se ale musí správně zvolit tak, aby vyhovovalo při stavebních pracích, u kterých se bude používat. Výběr stavební míchačky je závislý také na tom, jestli se míchačka bude používat pouze občas při běžných stavebních pracích a opravách např. u rodinného domu, chatě či chalupě, nebo denně např. ve stavební firmě. Podle použití se stavební míchačky liší objemem bubnu, konstrukcí a také pohonem. U profesionálních míchaček je výkon motoru mnohem vyšší než u míchaček pro domácí použití a také je daleko vyšší požadavek na její životnost, proto jsou vyrobeny z mnohem odolnějšího materiálu a mají kvalitnější povrchovou úpravou, která míchačku chrání před nepřízní počasí.

Míchání betonové směsi

Míchání betonové směsi se provádí z důvodu rovnoměrného rozložení všech složek směsi a především dokonalého promíchání vody a cementu. To je důležité, aby byl průběh hydratace cementu pravidelný. Také je potřeba, aby veškerá zrna kameniva byla obalena cementovou kaší (maltou) po celém svém povrchu. Betonové směsi, malty vápenopískové a cementové se připravují, tak že se vzájemně promíchají jednotlivé složky pojiva, plniva a vody. Mícháním se všechny složky rovnoměrně rozloží v maltové, nebo betonové směsi. Pojivo obalí povrch všech zrn kameniva a příměsi a případné přísady se ve směsi rovnoměrně rozptýlí. Pro kvalitní a rychlé míchání betonové směsi je důležitý systém míchacího zařízení a jeho konstrukce. Směsi se připravují v míchačkách. Hlavními parametry míchaček jsou výkonnost udávaná v $[m^3 \cdot h^{-1}]$ a užitečný objem bubnu udávaný v [l]. Užitečný objem bubnu je objem určený pro nasypání jednotlivých složek v suchém stavu ke zhotovení jedné náplně hotové směsi. Skutečný geometrický objem bubnu je dle systému míchačky dvakrát až třikrát vyšší než užitečný objem. Užitečné objemy bubnu bývají zpravidla 65, 125, 250, 500, 1000, 1500 a 2000 litrů.

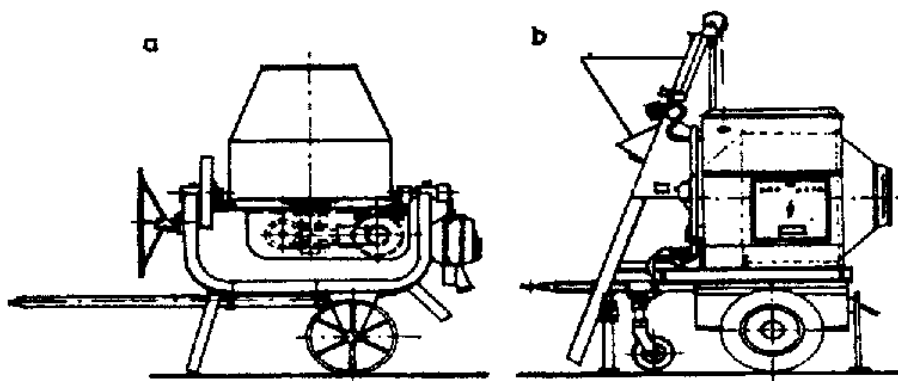
3 Průzkum trhu

Stavebních míchaček na beton je celá řada. Jednotlivé typy stavebních míchaček dělíme podle konstrukčního provedení na míchačky spádové, se sklopným a nesklopným bubnem, s kontinuálním mícháním, s nuceným mícháním, dále na talířové, planetové, rotorové, žlabové, vřetenové kontinuální a speciální míchačky. Na českém trhu jsou k dostání v drtivé většině míchačky spádové.

3.1 Konstrukce stavebních míchaček na beton

Míchačky spádové – gravitační

V gravitačních míchačkách jsou lopatkami míchacího bubnu nadávkované složky unášeny do určité výše a odtud samovolně padají zpět do spodní části bubnu. Opakováním tohoto procesu nastává homogenizace směsi a vzájemné smíšení nadávkovaných komponentů. Gravitační míchačky se vyrábějí ve dvou provedeních, a to buď jako míchačky bubnové se sklopným nebo nesklopným bubnem nebo jako míchačky s kontinuálním (nepřetržitým) mícháním.



Obr.3.1 Spádové míchačky - použito z [4]



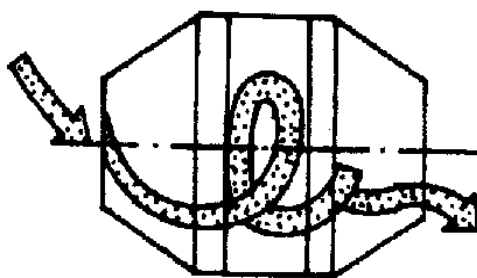
Obr.3.2 Spádová míchačka se sklopným bubnem - použito z [4]



Obr.3.3 Spádová míchačka s nesklopným bubnem - použito z [15]

Míchačky se sklopným bubnem

U těchto míchaček má mísící buben hruškovitý tvar. Osa míchání je šikmá. Míchačky se sklopným bubnem jsou poháněny elektromotorem, ten je umístěn na konstrukci nebo pod bubnem. Vyprazdňování bubnu se provádí sklopením. Sklápění bubnu se ovládá ručně nebo pomocí servomotorů. Promísení směsi je méně kvalitní než u jiných systémů. Míchačky se sklopným bubnem se používají především pro míšení maltových směsí a pro míšení menší množství betonu.



Obr.3.4 Pohyb směsi ve spádové míchačce - použito z [4]

Míchačky s nesklopným bubnem

Míchačky s nesklopným bubnem mají vodorovnou osu otáčení bubnu, který má válcovitý tvar, na obou stranách kuželovitě ukončený. Buben se plní z jedné strany z násypného koše a po ukončení míchání se zapnutím zpětného chodu druhou stranou vyprazdňuje.

Míchačky s kontinuálním mícháním

Míchačky s kontinuálním mícháním mají válcovitý buben s míchajícími lopatkami umístěný šikmo. Do horní části míchacího válce se dávkuje jednotlivé složky betonové směsi.

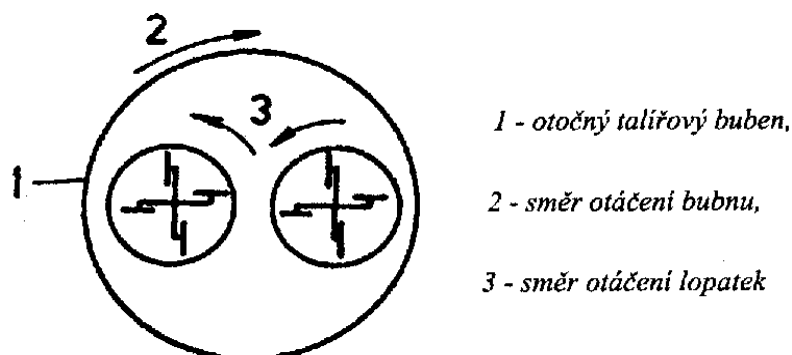
Otáčením válce se směs posouvá a zároveň i promíchává. U těchto míchaček je přesnost dávkování velmi problematická, protože seřízení kontinuálního dávkování je velmi pracné. Tyto míchačky jsou vhodné pro míchání jednoho druhu betonové směsi ve velkém množství, proto se dají použít jen na stavbách s velkým odběrem jednoho druhu betonové směsi, jako jsou např. stavby komunikací a přehrad.

Míchačky s nuceným mícháním

Betonová směs se promíchává různě nastavenými a upravenými lopatkami nebo vřetenem. Vyrábí se v provedení žlabovém a talířovém. Talířové míchačky mají svislou osu mísicího bubnu, a ten je buď otáčivý, nebo pevný. Žlabové míchačky mají osu žlabu vodorovnou. Žlab může být neotáčivý, sklopný nebo nesklopný.

Talířové míchačky

Protiproudé míchačky mají buben talířového tvaru, který se otáčí v jednom směru a dvojité mísící lopatky, ty se otáčejí ve směru opačném. Tím na obvodě bubnu vzniká protiproudý pohyb, který příznivě hněte a míchá betonovou směs. Diferencovanými otáčkami bubnu a lopatek se účinek míchání ještě zvyšuje. Buben se vyprazdňuje pomocí uzávěru, který je umístěný na jeho dně.



Obr.3.5 Protiproudá míchačka - použito z [4]



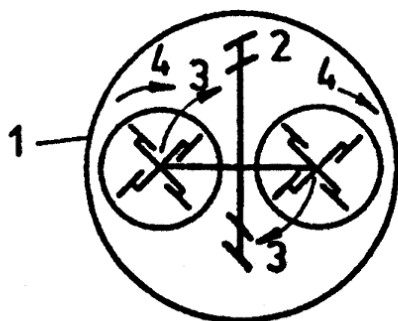
Obr.3.6 Talířová míchačka -
použito z [14]



Obr.3.7 Pohled do talířové míchačky -
použito z [16]

Planetové míchačky

Mají pevný buben talířového tvaru. V bubnu se otáčí křížový rám s dvojicí lopatek, které konají samostatný rotační pohyb. Tím nedosáhne v bubnu hned několika pohybů, které směs dobře prohnětou a promísí. Buben se vyprazdňuje uzávěrem umístěným na jeho dně. Vyprazdňování usnadňují stírací lopatky umístěné na koncích křížového rámu.



1 - neotočný talířový bubn, 2 - otočný křížový rám,
3 - směr otáčení rámu, 4 - směry otáčení lopatek rámu

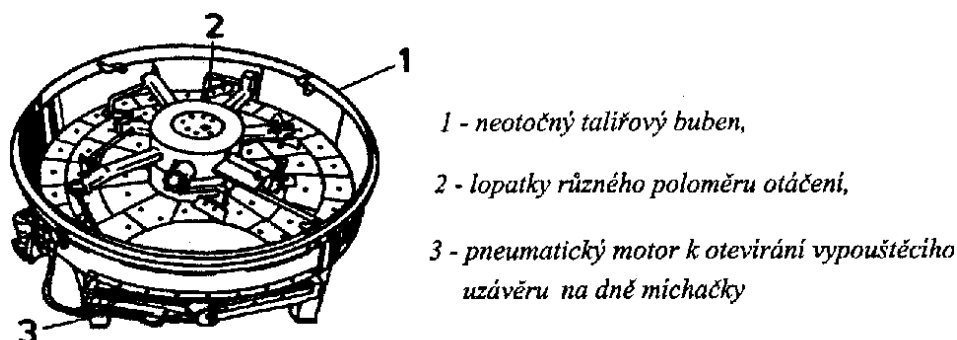
Obr.3.8 Náčrtes planetové míchačky -
použito z [4]



Obr.3.9 Řez planetovou míchačkou -
použito z [16]

Rotorové míchačky (turbomíchačky)

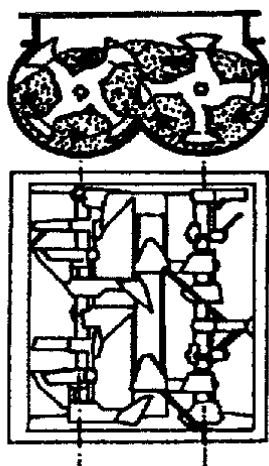
Mají pevný talířový bubn. Mísící lopatky jsou otáčeny pomocí hřídele, který je pohaněn elektromotorem umístěným ve spodní části talíře. Lopatky jsou umístěné na různých poloměrech otáčivého hřídele. Na dně bubnu je segmentový uzávěr, který je ovládaný pneumatickým motorem. Rozmístění stíracích a míchacích lopatek dokonale zabezpečuje promíchání směsi i vyprázdnění bubnu.



Obr.3.10 Rotorová míchačka (Turbomíchačka) - použito z [4]

Žlabové míchačky

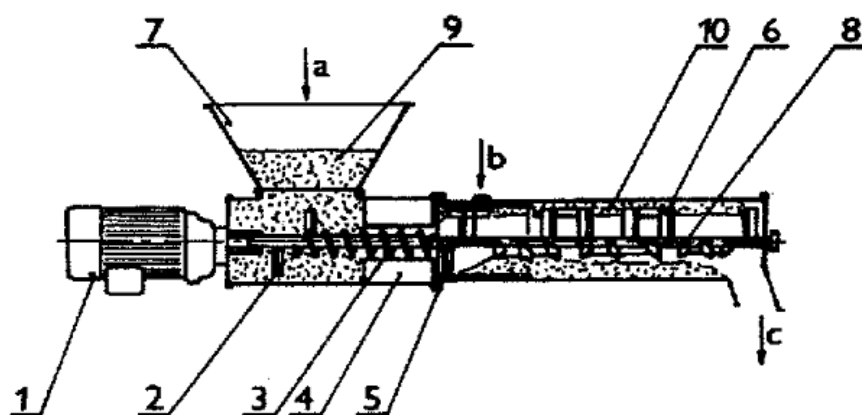
Mají pevný žlab, ve kterém se otáčí jeden nebo dva vodorovné hřídele s lopatkami vyvolávající protisměrný pohyb. Zvláštním druhem žlabové míchačky je druh šplhavý. Ten používá míchačku pohybující se po skipu. Při plnění se nachází v dolní úvrati. Po naplnění se pohybuje po skipu k horní úvrati a směs se promíchává lopatkami. Po dosažení horní úvrati skipu se míchačka překlopí a její obsah se vysype do dopravního prostředku. Tato míchačka je součástí dodávané betonárny, a proto není možné její samostatné použití.



Obr.3.11 Žlabová míchačka se dvěma vodorovnými hřídeli opatřenými míchacími lopatkami – použito z [4]

Vřetenové kontinuální míchačky

Mají míchací vřeteno, které je umístěné ve skloněném žlabu. Složky směsi se dávkují ze zásobníků a jsou předem objemově nebo váhově dávkovány. Materiál je pomocí vřetene posouván proti sklonu žlabu a tím se promíchává. U novějších typů kontinuálních míchaček je vřeteno umístěno v míchacím válci. Používají se pro výrobu malt z předem namíchaných maltových směsí. Během míchání se přidává jen potřebné množství záměsové vody. Tyto míchačky jsou schopny zpracovat všechny druhy malt od jemných až po hrubé o zrnění do 4 mm. Mohou se plnit přes zásobník buď suchou maltovou směsí v pytlích, nebo z hlavního pytle pneumaticky, případně mohou být na tento zásobník přímo napojeny. Suchá maltová směs padá na příhrnovací lopatky z provozního zásobníku a je vtlačována do dávkovacího šneku umístěném v míchacím válci. Na začátku mísící trouby je dávkovaná voda, která se pomocí otáčejícího vřetene promísí s nadávkovanou směsí. Na konci míchacího válce se směs průběžně vypouští do dopravního čerpadla nebo do přistavené nádoby.



1- elektromotor, 2- směšovací lopatky, 3- promíchávací lopatky, 4- komora, 5 - odstříkovací lopatka, 6 – míchací lopatky, 7 - zásobník, 8 - míchací hřídel, 9 - suchá směs, 10 - mokrá směs a - dávkování suché směsi, b - dávkování vody, c - mokrá směs (vyrobená malta)

Obr.3.12 Popis jednotlivých částí kontinuální míchačky - použito z [4]

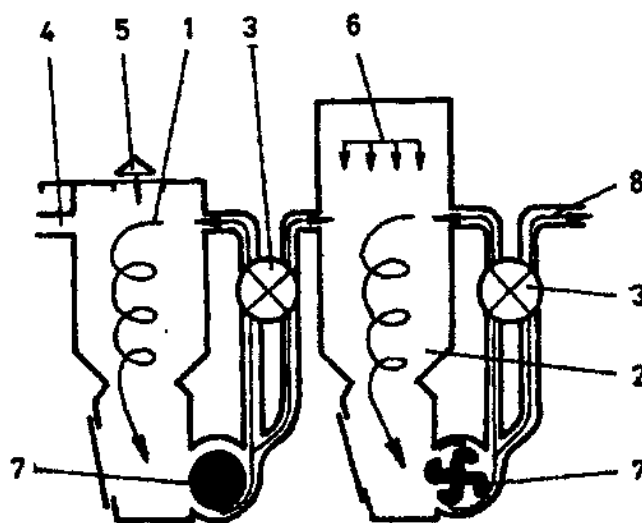


Obr.3.13 Kontinuální míchačka - použito z [15]

Speciální míchačky

Aktivační míchačky betonových směsí

Vlivem vysokých otáček a speciálně tvarovaných lopatek dochází při aktivacím míchání k míchání velmi intenzivnímu a tím i k rovnoměrnějšímu pronikání vody mezi zrna cementu. Současně také dochází k mechanickému otevírání a tím ke zvětšování měrného povrchu zrn. Při vyšších otáčkách se směs v aktivacím míchačkách chemickým procesem a třením zahřívá až na 60°C a na stěnách tuhne z toho důvodu je nutné jejich časté čištění. Cementový tmel se zpracovává v aktivacím míchačkách lopatkami s poměrně vysokými oběžnými rychlostmi. Otáčky rotoru mají velikost 2000 ot·min⁻¹ nebo i vyšší. Aktivovaný tmel se může přivést do míchačky s nuceným pohybem směsi. Zde se směs promíchává s kamenivem, tím vzniká tzv. dvoufázové aktivacím míchání. V první fázi se provádí aktivace cementové malty a ve druhé fázi se promíchává aktivovaný tmel s kamenivem. Jednodušší je po technologické stránce tzv. dvoufázové aktivacím míchání v jedné míchačce, která má dva vířící šneky. V první fázi se při otáčkách šneků 2800 ot·min⁻¹ aktivuje cementová malta a ve druhé fázi se při malých otáčkách šneků 35 ot·min⁻¹ promíchává s hrubým kamenivem.



1- aktivací buban, 2- mísicí buban, 3- uzavírací ventil, 4- přívod vody,
5- dávkování cementu, 6- dávkování písku, 7- rotor, 8- čerpací potrubí pro směs

Obr.3.14 Dvojhubnová aktivací míchačka - použito z [4]



Obr.3.15 Aktivační míchačka -
použito z [15]



Obr.3.16 Koloidní aktivační míchačka -
použito z [15]

Použití a výkonnost míchaček

Spádové míchačky se používají na stavbách pro individuální výrobu betonových směsí. Pro přípravu jemnozrnných betonových malt a směsí nejsou příliš vhodné. Míchačky s nuceným mícháním zajišťují u všech druhů malt i směsí dobrou homogenizaci, prohnětení a promísení. Připravované směsi mohou mít i malý vodní součinitel. Většinou jsou součástí výroben maltových směsí nebo betonáren. Výkonnost míchaček je závislá na délce míchacího cyklu pro zhotovení jedné hotové záměsi [$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$] a na užitečném objemu míchacího bubnu [1]. Doba míchání závisí na konstrukčním systému míchačky. U cyklických míchaček by neměla být kratší než 60 s, pokud homogenizační zkoušky neprokáží, že doba míchání může být kratší. Velikost míchačky volíme s ohledem na maximální zrno kameniva a také s ohledem na zpracované množství.

3.2 Stavební míchačky na beton dostupné na českém trhu

Český trh nabízí v převážné většině stavební míchačky spádové, ale své zastoupení na něm mají i míchačky talířové. Je to, dáno především vlastnostmi spádových míchaček, jako je např. mobilnost, snadná manipulace a snadná údržba. Svoji roli zde hrají i rozměry, které jsou menší než u jiných typů míchaček a v neposlední řadě také pořizovací cena míchačky, ta je oproti jiným typům míchaček nižší. Jako příklad zde uvádím pár modelů stavebních míchaček, které jsou na našem trhu nejdostupnější a můžeme je najít ve specializovaných obchodech, hobbymarketech a prodejních centrech se stavební a zahradní technikou. Jsou to stavební míchačky na beton značek: ATIKA, Lesha, Strojstav, Belle, POWER TEC, ROLSOM, CAMAC a AL-KO.

Stavební míchačka ATIKA Compact 100

Tento typ míchačky patří mezi míchačky talířové. Má mnoho předností, největší je dokonalé míchání zajištěné odlišnou konstrukcí míchačky od tradičních míchaček na beton či maltu. U míchačky není potřeba permanentně stát, pracovník se může věnovat jiné práci. Obsah směsi se může vyprázdnit přímo na místo určení - odpadá nutnost dopravy obsahu bubnu. Míchačka je velice mobilní - masivní kolečka zajistí bezproblémový transport po stavbě, díky kompaktní konstrukci míchačky se vejde do každých dveří a do každého osobního auta (kombi). Míchačku naloží bez problémů jeden člověk.

Ideální pro tyto materiály:

Malta, cement, čističe, ušlechtilé čističe, lepidla, sádra, teraso, tmel, vápno, potěry, materiál pro spárování, obkladové a nátěrové materiály.

Tab.1 Parametry ATIKA Compact 100

Technické parametry	
Objem bubnu	100 [l]
Výkon	2000 / 1500 [W]
Elektrické napájení	230 / 50 [V / Hz]
Hmotnost	80 [kg]
Rozměry	72 × 69 × 119 [cm]
Cena s DPH*	49.928 [Kč]



Obr.3.17 ATIKA Compact 100 - použito z [14]

Stavební míchačka Belle BWE 200

Tento model se řadí ke spádovým míchačkám. Silná a robustní konstrukce zaručuje její dlouhou životnost. Pohon je přes masivní litinový věnec a pastorek.

Tab.2 Parametry Belle BWE 200

Technické parametry	
Objem bubnu	350 [l]
Příkon	1500 [W]
Elektrické napájení	380 / 50 [V / Hz]
Hmotnost	190 [kg]
Rozměry	150 × 100 × 190 [cm]
Cena s DPH*	28.990 [Kč]



Obr.3.18 Belle BWE 200 - použito z [19]

Stavební míchačka ATIKA Profi 145 (380 V)

Jedná se o spádovou míchačku na beton. Tato míchačka má robustní pojezd s pevnými elastickými kolečky, stabilní konstrukci a posílený rám. K pozitivním atributům míchačky patří rychlé naplnění a vyprázdnění objemu bubnu, ruční držák pro pohyb míchačky, malá váha a skladnost do automobilů typu kombi nebo pickup a malý rozchod kol, který umožňuje průchod dveřmi šířky 80 cm.

Tab.3 Parametry ATIKA Profi 145

Technické parametry	
Objem bubnu	145 [l]
Výkon P, S _I	700 / 750 [W]
Elektrické napájení	380 / 50 [V / Hz]
Hmotnost	60 [kg]
Rozměry	120 × 68 × 128 [cm]
Cena s DPH*	12.650 [Kč]



Obr.3.19 ATIKA Profi 145 (380 V) - použito z [14]

Stavební míchačka Lescha S230HR (380 V)

Je spádová míchačka na beton. Tento typ stavební míchačky má robustní konstrukci, je velmi odolná a je určena pro nejnáročnější podmínky použití. Vyklápění bubnu je ulehčeno převodem 1:5. Přednosti této míchačky jsou bezúdržbový náhon čelního kola a silný motor - buben startuje naplněn, vůle zubu lze nastavit. Míchačku lze díky krytí IP45 používat bez problémů i na dešti. Tvar bubnu s okapnicí je speciálně vyvinutý, tzn. žádné mrtvé zóny, žádné třídění a bezezbytkové vyprazdňování.

Tab.4 Parametry Lescha S230HR (380 V)

Technické parametry	
Objem bubnu	230 [l]
Příkon	1250 [W]
Elektrické napájení	380 / 50 [V / Hz]
Hmotnost	126,5 [kg]
Rozměry	155 × 83 × 144 [cm]
Max. objem suché směsi	140 [l]
Max. objem mokré směsi	175 [l]
Cena s DPH*	36.176 [Kč]



Obr.3.20 Lescha S230HR (380 V) - použito z [19]

Stavební míchačka Strojstav SM150

Spádová míchačka SM 150 je určená na výrobu betonových směsí a malty. Míchačka je ovládaná ručním sklápěním bubnu. Buben je poháněný elektromotorem přes olejovou převodovku.

Tab.5 Parametry Strojstav SM100

Technické parametry	
Objem bubnu	150 [l]
Výkon	1100 [W]
Elektrické napájení	380 / 50 [V / Hz]
Hmotnost	155 [kg]
Rozměry	79 × 128 × 146 [cm]
Cena s DPH*	26.607 [Kč]



Obr.3.21 Strojstav SM100 - použito z [17]

Stavební míchačka POWER TEC 160L

Spádová míchačka značky POWERTEC 160L dokáže výborně a rychle promíchat betonové směsi v tekuté, polotekuté a plastické konzistenci. Je také schopna připravit cemento-vápencové směsi používané hlavně na malé objekty, skladovací prostory apod. Míchačka je vybavena lopatkami, které zajišťují rovnoměrné a rychlé míchání směsi. Vyniká bezporuchovým provozem a spolehlivostí při práci. Míchačka má litinový věnec a ocelová kola s gumovým pláštěm.

Tab.6 Parametry Power Tec 160 l

Technické parametry	
Objem bubnu	160 [l]
Příkon	550 [W]
Elektrické napájení	230 / 50 [V / Hz]
Hmotnost	68 [kg]
Rozměry	119 × 74 × 135 [cm]
Cena s DPH*	7.588 [Kč]



Obr.3.22 Power Tec 160 l - použito z [20]

Stavební míchačka ROLSOM B 1510

Další zástupce spádových míchaček je Stavební míchačka ROLSOM B 1510. Tato míchačka slouží k promíchávání betonových, maltových a dalších stavebních směsí. Je vyrobena z velmi kvalitních materiálů zaručujících dlouhou životnost. Zubový věnec je litinový, aretace bubnu se provádí pomocí zářezů na ručním kole. Jednou z variant je převod od motoru pomocí ozubených kol, druhou převod klasickým řemenem.

Tab.7 Parametry ROLSOM B 1510

Technické parametry	
Objem bubnu	155 [l]
Výkon	1000 [W]
Elektrické napájení	230 / 50 [V / Hz]
Hmotnost	56 [kg]
Rozměry	124 × 79 × 135 [cm]
Cena s DPH*	7.368 [Kč]



Obr.3.23 ROLSOM B 1510 - použito z [21]

Stavební míchačka CAMAC CHP-80

Mezi výhody této spádové stavební míchačky patří velmi tichý chod, velká kola, která usnadňují její transport, ale především skladnost, protože se tato míchačka dá složit. Stavební míchačka CHP 80 má planetovou zapouzdřenou převodovku s celoživotní náplní maziva. Míchačka má nezvyklý pokročilý design. Pro její skladnost je vhodná pro vyvážení výtahem při rekonstrukcích interiérů a pro přepravu.

Tab.8 Parametry CAMAC CHP-80

Technické parametry	
Objem bubnu	80 [l]
Příkon	330 [W]
Elektrické napájení	230 / 50 [V / Hz]
Hmotnost	60 [kg]
Rozměry rozložené m.	71 × 123 × 123,5 [cm]
Rozměry složené m.	71 × 81 × 90 [cm]
Cena s DPH*	16.455 [Kč]



Obr.3.24 CAMAC CHP-80 - použito z [22]

Stavební míchačka AL-KO TOP 1202 H

Je dalším zástupcem spádových míchaček. Mezi přednosti této míchačky patří: pevná ocelová konstrukce, která zaručuje stabilitu, jednoduchý transport - odšroubováním a následným sklopením nohou lze míchačku umístit do většiny vozů typu kombi, velká kapacita bubnu, zdokonalená mísící lopatka - zabezpečuje optimální propracování betonové směsi, další předností je ochrana ozubeného věnce z umělé hmoty, to zabraňuje znečištění a zaručuje vysokou bezpečnost práce. Všechny plechové části jsou ošetřeny práškovou barvou, takže lak je pevnější a odolnější proti úderu a poškrábání, výkonný, robustní elektrický motor s ochranou proti přetížení je speciálně konstruován pro stavební míchačku.

Tab.9 Parametry AL-KO TOP 1202 H

Technické parametry	
Objem bubnu	90 [l]
Příkon	600 [W]
Elektrické napájení	230 / 50 [V / Hz]
Hmotnost	58 [kg]
Rozměry	120 × 75 × 35 [cm]
Cena s DPH*	7.590 [Kč]

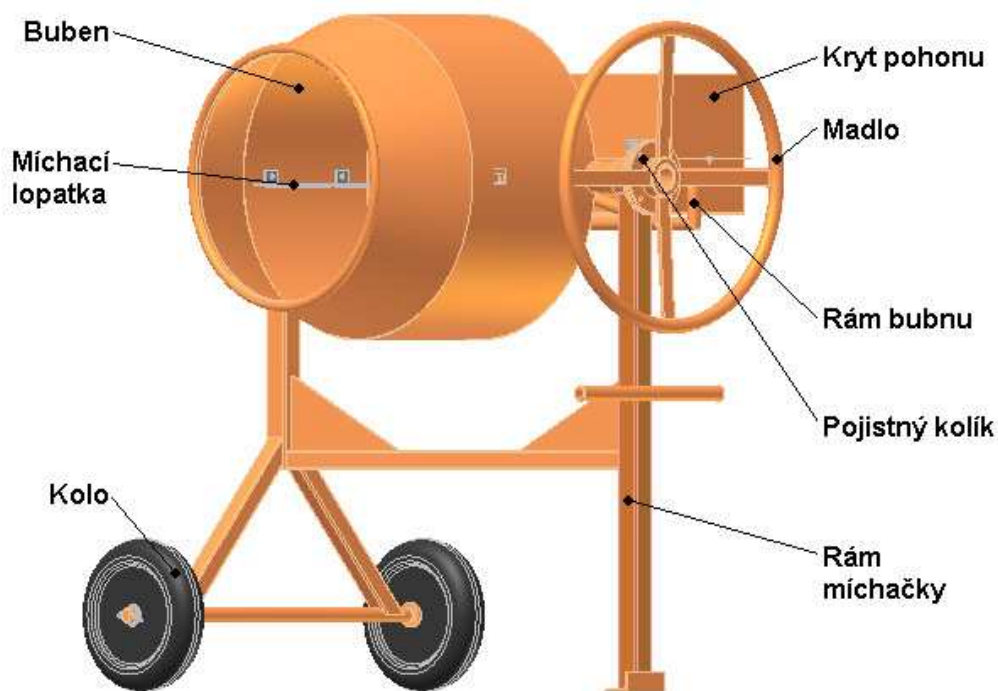


Obr.3.25 AL-KO TOP 1202 H -
použito z [18]

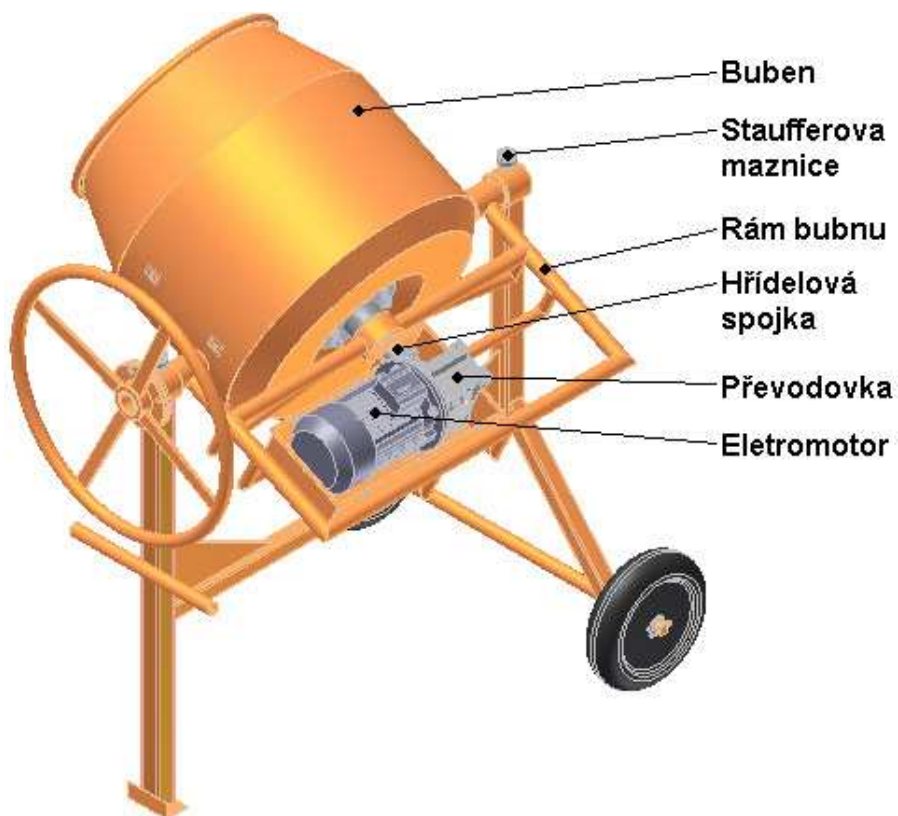
* Ceny platné k 1. 1. 2010

4 Konstrukční návrh stavební míchačky na beton

4.1 Popis konstrukčního návrhu stavební míchačky na beton



Obr.4.1 Popis konstrukčního návrhu stavební míchačky na beton



Obr.4.2 Popis konstrukčního návrhu stavební míchačky na beton bez horního krytu pohonu

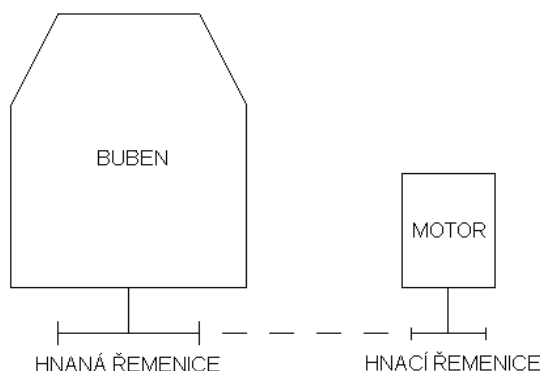
Základním prvkem celé konstrukce navržené stavební míchačky na beton je její svařovaný rám. Na rámu je dále nasazen rám bubnu uložený v nábojích čepů. Jejich mazání zajišťují Staufferovy maznice. Samotný rám bubnu je konstruován tak, aby ochránil pohon míchačky před poškozením (např.: před nárazem při převržení míchačky). Pohon míchačky je tvořen přírubovým asynchronním elektromotorem a šnekovou převodovkou, která je k rámu bubnu přišroubována. Šneková převodovka je spojena pomocí hřídelové spojky s hřídelem míchačky, který je uložen v kuličkovém ložisku umístěném v rámu bubnu. Na konci hřídele míchačky je přivařena příruba, ke které je dále přišroubován buben míchačky. Mezi přírubou a bubnem míchačky je vloženo těsnění, které zajišťuje jeho těsnost. Uvnitř bubnu míchačky jsou pak pomocí nýtů uchyceny dvě míchací lopatky. Celý pohon míchačky je uzavřen v plechovém krytu, který ho chrání před vnějšími vlivy, jako jsou např.: prach, vlhkost, kusy odletujícího betonu apod. Kryt se skládá ze dvou částí: horní a dolní. Pro manipulaci s bubnem se používá kruhové madlo, kterým se nastavuje potřebná poloha bubnu míchačky. Jednotlivé polohy bubnu míchačky se pak zajišťují pojistným kolíkem. Míchačka je opatřena dvěma koly zajištěnými závlačkami, která umožňují její přemístění.

4.2 Volba pohonu stavební míchačky na beton

Pro pohon stavební míchačky na beton lze použít celou řadu hnacích převodů. Ať už převody řemenové, řetězové nebo ozubenými koly. Zvolený pohon by měl splňovat určitá kritéria, jako jsou např.: jednoduchost uspořádání, malé rozměry, vysoká životnost, snadná údržba, atd. Pro stavební míchačku na beton bylo navrženo pět typů pohonů. Z těchto pěti pohonů byl pak porovnáním jejich vlastností vybrán ten nejvhodnější, který nejvíce splňuje daná kritéria.

Typy pohonů:

a) Pohon jednoduchým řemenovým převodem



Obr.4.3 Schéma pohonu jednoduchým řemenovým převodem

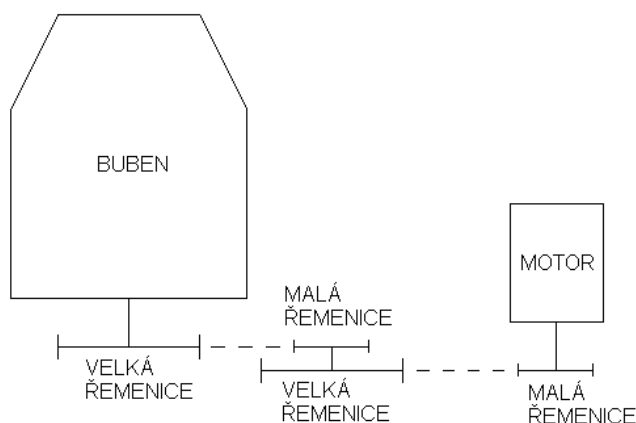
Výhody pohonu:

jednoduché uspořádání, tichý chod, snadná údržba, řemen slouží jako pojistka pohonu před přetížením, tlumí rázy, jednoduchá výroba, nízká cena

Nevýhody pohonu:

příliš velké rozměry hnané řemenice, vytahování řemenu a jeho následné napínání, špatná odolnost proti vlivům prostředí (prach, vlhkost), velké tlaky na ložiska, nestálý převodový poměr způsobený prokluzem řemenu

b) Pohon složeným řemenovým převodem



Obr.4.4 Schéma pohonu složeným řemenovým převodem

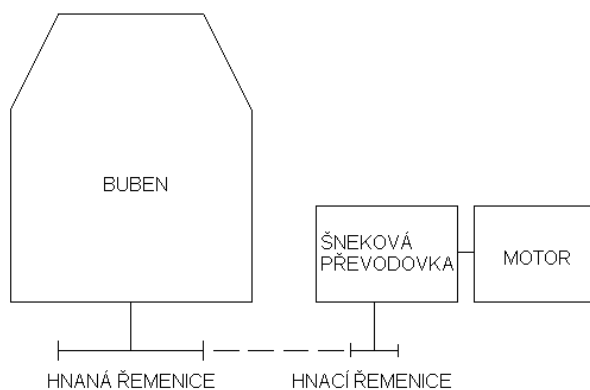
Výhody pohonu:

tichý chod, snadná údržba, řemen slouží jako pojistka pohonu před přetížením, tlumí rázy, jednoduchá výroba, nízká cena,

Nevýhody pohonu:

složité uspořádání, velké osové vzdálenosti řemenic a tím i velká šířka rámu míchačky viz. příloha B, vytahování řemenu a jeho následné napínání, špatná odolnost proti vlivům prostředí (prach, vlhkost), velké tlaky na ložiska, nestálý převodový poměr způsobený prokluzem

c) Pohon jednoduchým řemenovým převodem společně se šnekovou převodovkou



Obr.4.5 Schéma pohonu řemenovým převodem společně se šnekovou převodovkou

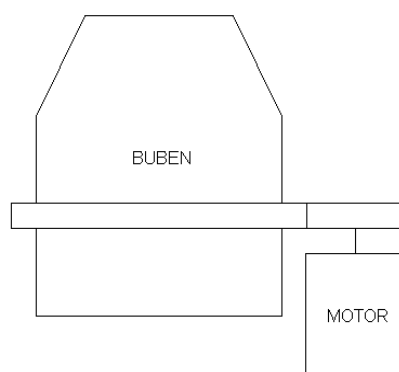
Výhody pohonu:

snadná údržba, řemen slouží jako pojistka pohonu před přetížením, tlumí rázy, jednoduchá výroba

Nevýhody pohonu:

složitější uspořádání, velké rozměry a tím i velká šířka rámu viz. příloha B, vytahování řemenu a jeho následné napínání, špatná odolnost proti vlivům prostředí (prach, vlhkost), velké tlaky na ložiska, nestálý převodový poměr způsobený prokluzem

d) Pohon ozubeným věncem na obvodu bubnu



Obr.4.6 Schéma pohonu ozubeným věncem na obvodu bubnu

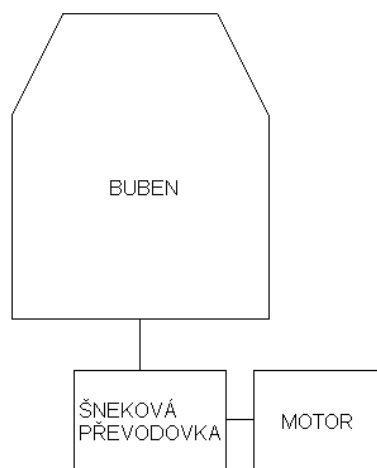
Výhody pohonu:

jednoduché uspořádání, malé rozměry, kompaktnost, konstantní převodový poměr

Nevýhody pohonu:

složitější údržba - ozubený věnec je nutné čistit od případného znečištění betonem nebo maltou, aby pohon mohl správně plnit svoji funkci a nedošlo k jeho poškození, ozubený věnec je vystaven vnějším vlivům prostředí, složitější konstrukce – pastorek musí být stále v záběru s ozubeným věncem i při naklápění bubnu míchačky, složitější a dražší výroba

e) Pohon elektromotorem společně se šnekovou převodovkou



Obr.4.7 Schéma pohonu elektromotorem společně se šnekovou převodovkou

Výhody pohonu:

jednoduché uspořádání, snadná údržba, malé rozměry, kompaktnost, dlouhá životnost

Nevýhody pohonu:

nutnost provést vyvážení tak, aby byl motor se šnekovou převodovkou v rovnováze s bubnem, vyšší cena

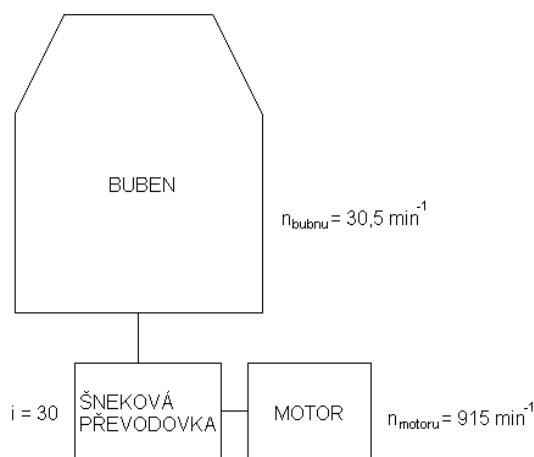
Z pěti navržených pohonů byl nakonec pro své vlastnosti zvolen jako ten nejvhodnější, pohon elektromotorem společně se šnekovou převodovkou. Jedná se o přírubový elektromotor spojený se šnekovou převodovkou. Ta je pomocí přírubové spojky spojena s hřídelem, na kterém je přivařena příruba. Na přírubě je pak pomocí šroubu uchycen buben stavební míchačky.

Volba elektromotoru

Pro vybraný pohon byl z [6] zvolen dle požadovaného výkonu $P_e = 0,75$ [kW] asynchronní elektromotor 1LA7 090-6AA 11 s otáčkami $n_{\text{motoru}} = 915$ [min⁻¹]. Zvolený elektromotor má tvar IM B5 - přírubový pro lepší spojení se šnekovou převodovkou. Velikost výkonu byla určena srovnáním výkonů u jednotlivých výrobců stavebních míchaček na beton.

Volba šnekové převodovky

Byla zvolena šneková převodovka XC63, ta byla vybrána z [7] dle otáček elektromotoru $n_{\text{motoru}} = 915 \text{ [min}^{-1}\text{]}$, velikosti příruby elektromotoru a převodového poměru převodovky $i_p = 30$ [-]. Ten byl vhodně určen tak, aby se velikost otáček elektromotoru $n_{\text{motoru}} = 915 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ snížila na potřebnou velikost otáček bubnu $n_{\text{bubnu}} = 30,5 \text{ [min}^{-1}\text{]}$. Optimální otáčky bubnu stavební míchačky na beton se pohybují podle srovnání stavebních míchaček na beton od různých výrobců v rozmezí od $26 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ až do $32 \text{ [min}^{-1}\text{]}$.



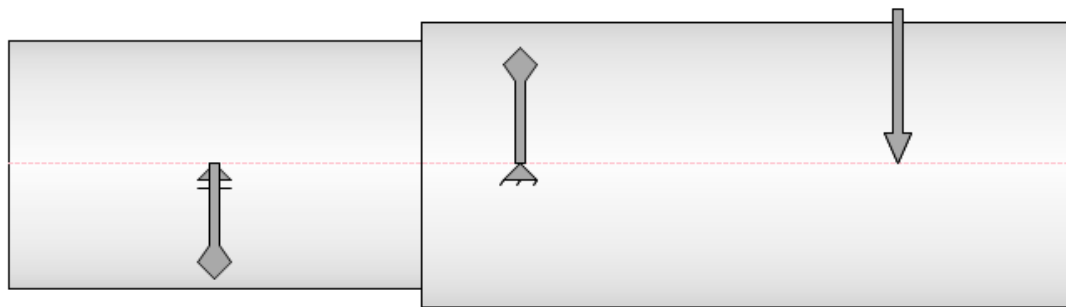
Obr.4.8 Schéma pohonu elektromotorem společně se šnekovou převodovkou s popisem

Návrh a kontrola hřídele

Dle [8, str. 113] byl proveden z pevnostní podmínky v krutu výpočet minimálního průměru hřídele dle vztahu:

$$\tau_K = \frac{M_K}{W_K} = \frac{M_K}{\frac{\pi \cdot d_{\min}^3}{16}} \leq \tau_D \Rightarrow d_{\min} \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_K}{\pi \cdot \tau_D}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 122\,000}{\pi \cdot 25}} = 29,183 \text{ [mm]} \quad (1)$$

kde M_K je krouticí moment převodovky, který je dle [7] roven $M_K = 122 \text{ [Nm]}$, τ_D je dovolené napětí v krutu, které dle [8, str. 113] nabývá hodnot v rozmezí $\tau_D = (15 \div 25) \text{ [MPa]}$, bylo zvoleno $\tau_D = 25 \text{ [MPa]}$. Podle vypočtené hodnoty byl zvolen malý průměr hřídele $d_1 = 35 \text{ [mm]}$, a velký průměr hřídele $d_2 = 40 \text{ [mm]}$. Pro zjištění velikosti zatížení a průběhů momentů byl použit program Design Accelerator:



Obr.4.9 Zatížení hřídele

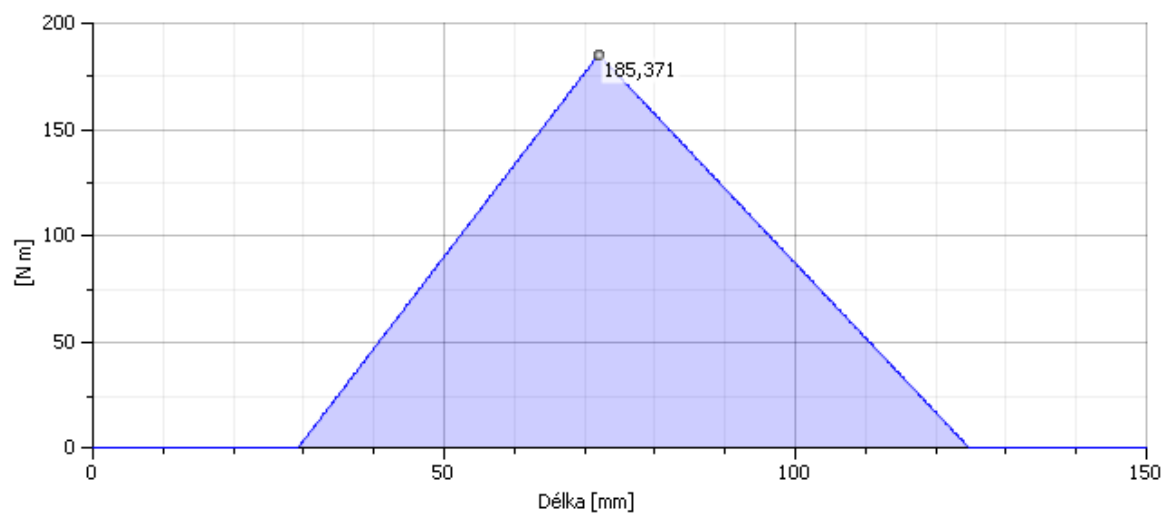
Navržený hřídel je uložen na dvou podporách, z nichž jedna je tvořena kuličkovým ložiskem a druhá hřídelovou spojkou. Hřídel je zatížený ohybovou silou $F = 3492,360 \text{ [N]}$ a krouticím momentem $M_K = 122 \text{ [Nm]}$. Ohybová síla $F = F_{\max}$, F_{\max} je maximální zatěžující síla, která působí na hřídel míchačky a byla vypočtena dle vztahu:

$$F_{\max} = m_{\max} \cdot g = 356 \cdot 9,81 = 3\,492,360 \text{ [N]}, \quad (2)$$

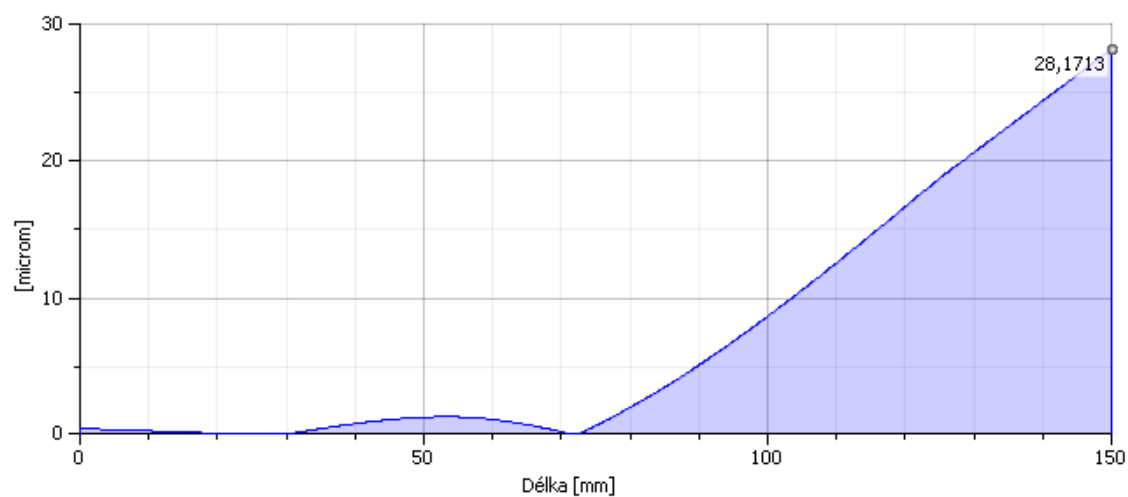
kde m_{\max} je součet hmotností, které působí na rám stavební míchačky a g je gravitační zrychlení, $g = 9,81 \text{ [m} \cdot \text{s}^{-2}]$

Tab.10 Tabulka výsledků zatížení hřídele

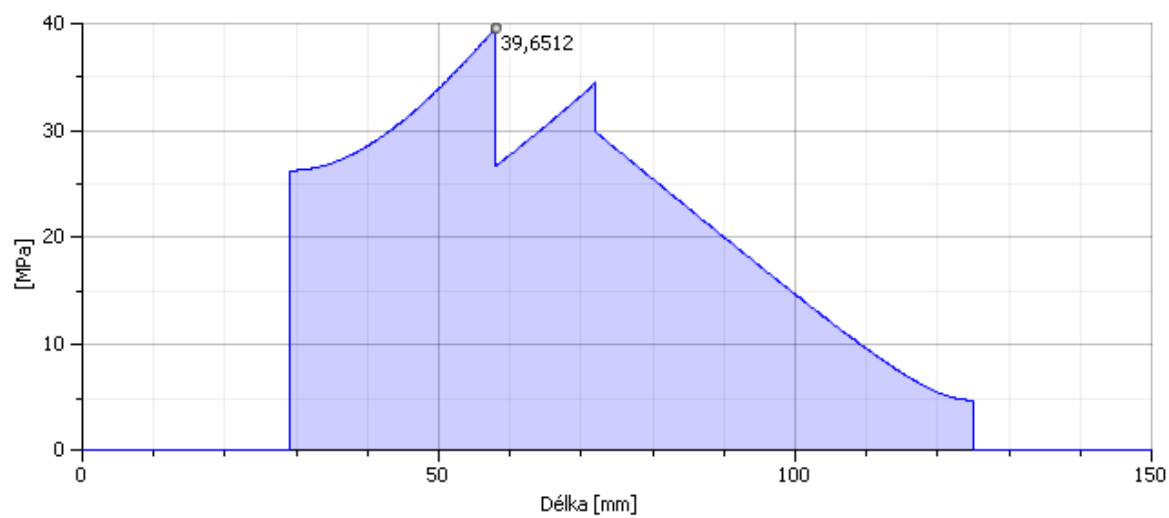
Délka	L	150,000 mm
Hmotnost	Hmotnost	1,347 kg
Maximální napětí v ohybu	σ_B	29,698 MPa
Maximální smykové napětí	τ_S	4,480 MPa
Maximální napětí v krutu	τ	14,492 MPa
Maximální napětí v tahu	σ_T	0,000 MPa
Maximální redukované napětí	σ_{red}	39,651 MPa
Maximální průhyb	f_{\max}	28,171 microm
Úhel zkroucení	φ	-0,02 deg



Obr.4.10 Průběh ohybového momentu hřídele



Obr.4.11 Průhyb hřídele



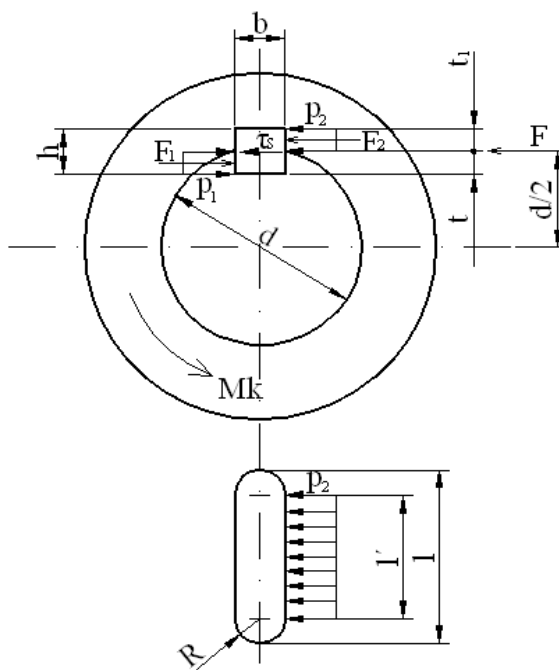
Obr.4.12 Průběh redukovaného napětí hřídele

Ostatní průběhy napětí, momentů a průhybů jsou uvedeny v příloze A.

Volba hřídelové spojky

Pro spojení výstupní hřídele převodovky s hřídelem míchačky byla použita hřídelová spojka. Ta, byla zvolena podle malého průměru hřídele míchačky $d_1 = 35$ [mm]. Z [10] byla vybrána hřídelová spojka RADEX - N typ NN velikost 35

Návrh a kontrola pera



Obr.4.13 Zatížení těsného pera – použito z [11, str. 79]

Hřídel je spojený se šnekovou převodovkou pomocí hřídelové spojky, ve které je drážka pro pero. Ta zabraňuje protočení hřídele uvnitř hřídelové spojky. Podle průměru hřídele bylo zvoleno z [9, str. 463] těsné pero: PERO 10e7 \times 8 \times 28 ČSN 02 2562. Jeho délka byla určena z [11, str. 80] dle vztahu:

$$l_p = l' + b, \quad (3)$$

kde b je šířka pera a l' je délka přímé části boku pera a byla určena z [11, str. 80] ze vztahu:

$$p_2 = \frac{F_2}{l' \cdot t_1} \leq p_{D2} \Rightarrow l' \geq \frac{F_2}{p_{D2} \cdot t_1}, \quad (4)$$

kde p_{D2} je dovolený tlak, který pro ocelový náboj nabývá hodnot $p_{D2} = (100 \div 150)$ [MPa], byl zvolen $p_{D2} = 125$ [MPa], t_1 je hloubka drážky v náboji a byla určena z [9, str. 463], $t_1 = 3,3$ [mm], F_2 je zatěžující síla, která byla vypočtena dle [11, str. 80] podle vztahu:

$$F_2 = \frac{M_K}{\frac{d_1}{2} + \frac{t_1}{2}} = \frac{122\,000}{\frac{35}{2} + \frac{3,3}{2}} = 6370,757 \text{ [N]}, \quad (5)$$

přímá délka části boku pera je tedy rovna:

$$l' = \frac{6370,757}{3,3 \cdot 125} = 15,444 \text{ [mm]} \quad (6)$$

a délka pera je rovna:

$$l_p = 15,444 + 10 = 25,444 \text{ [mm]} \Rightarrow l_p = 28 \text{ [mm]} \quad (7)$$

Dle [9, str. 463] byla délka pera zvýšena na nejbližší vyšší hodnotu z řady normalizovaných délek per.

Kontrola pera na stříh

Kontrola pera na stříh byla provedena dle [11, str. 80] dle vztahu:

$$\tau_s \leq \tau_D, \quad (8)$$

kde τ_D je dovolené napětí ve stříhu. Dle [11, str. 80] je $\tau_D = 30$ [MPa]

$$\tau_s = \frac{F_s}{l \cdot b} = \frac{6971,429}{28 \cdot 10} = 24,898 \text{ [MPa]}, \quad (9)$$

kde F_s je střížná síla, která byla vypočtena dle [11, str. 80] ze vztahu:

$$F_s = \frac{2 \cdot M_K}{d_1} = \frac{2 \cdot 122\,000}{35} = 6971,429 \text{ [N]} \quad (10)$$

Kontrola pera na stříh:

$$24,898 \text{ [MPa]} \leq 30 \text{ [MPa]} - \text{vyhovuje} \quad (11)$$

Návrh ložiska

Hřídel stavební míchačky na beton je uložena v kuličkovém ložisku. Dle [8, str. 138] byla určena velikost základní statické únosnosti ložiska C_0 a základní dynamické únosnosti ložiska C . Podle těchto hodnot a velikosti velkého průměru hřídele $d_2 = 40$ mm bylo zvoleno vhodné ložisko. Základní statická únosnost ložiska C_0 byla určena ze vztahu:

$$s_0 = \frac{C_0}{F_r} \Rightarrow C_0 = F_r \cdot s_0 = 3\,110 \cdot 1 = 3\,110 \text{ [N]}, \quad (12)$$

kde s_0 je bezpečnost pro statickou únosnost valivého ložiska, pro pomalé otáčení a normální provoz je $s_0 = 1$ [-], F_r je dynamické radiální zatížení ložiska, její velikost byla určena dle [8, str. 141] ze vztahu pro výpočet ekvivalentního dynamického zatížení P :

$$P = X \cdot F_r + Y \cdot F_a, \quad (13)$$

kde X a Y jsou součinitelé radiálního a axiálního zatížení a mají hodnoty: $X = 1$ [-] a $Y = 0$ [-], F_a je dynamické axiální zatížení ložiska, protože ložisko není v axiálním směru zatíženo je $F_a = 0$ [N]. Z toho tedy vyplývá, že:

$$P = F_r = 3\,110 \text{ [N]} \quad (14)$$

Velikost základní dynamické únosnosti ložiska C byla vypočtena dle [8, str. 140] ze vztahu pro výpočet základní trvanlivosti ložiska L_{10} :

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p \cdot 10^6 \Rightarrow C = \frac{P \cdot L_{10}^{\frac{1}{p}}}{10^6} = \frac{3\,110 \cdot 18,3^{\frac{1}{3}} \cdot 10^6}{10^6} = 8\,195,537 \text{ [N]}, \quad (15)$$

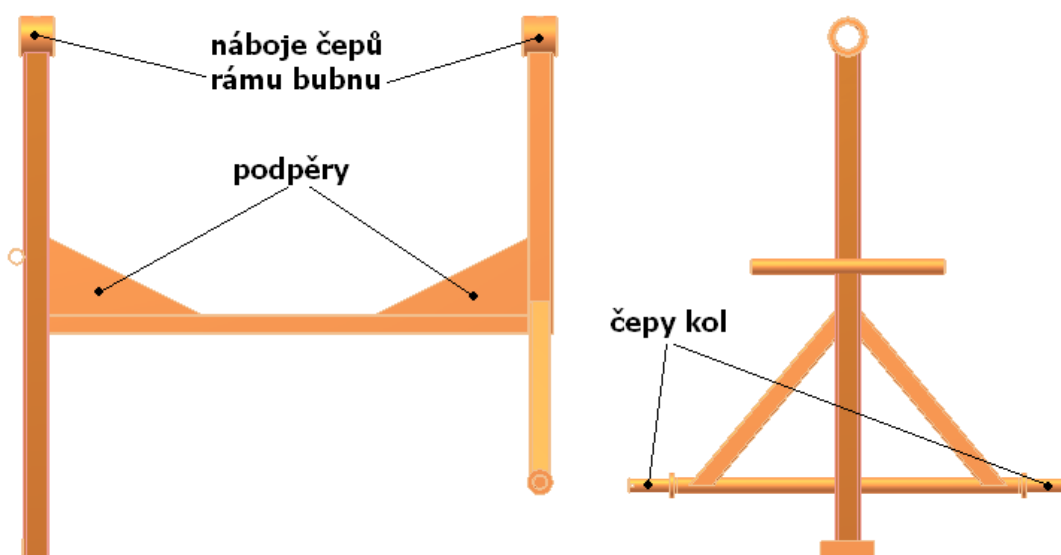
kde p je exponent, který pro ložisko s bodovým stykem má hodnotu $p = 3$, základní trvanlivost ložiska L_{10} byla vypočtena z [8, str. 140] dle vztahu pro výpočet základní trvanlivosti v provozních hodinách:

$$L_{10} = \frac{60 \cdot n}{10^6} \cdot L_{10h} = \frac{60 \cdot 30,5}{10^6} \cdot 10\,000 = 18,3 \cdot 10^6 \text{ [ot]}, \quad (16)$$

kde n jsou otáčky ložiska, otáčky ložiska n jsou stejné jako otáčky bubnu $n_{\text{bubnu}} = 30,5$ [min^{-1}] a základní trvanlivost ložiska v provozních hodinách L_{10h} , má hodnotu $L_{10h} = 10\,000$ [hod]. Podle vypočtených hodnot a velikosti průměru hřídele $d_2 = 40$ [mm] bylo z [9, str. 477] zvoleno ložisko: Ložisko 6008 ČSN 02 4630

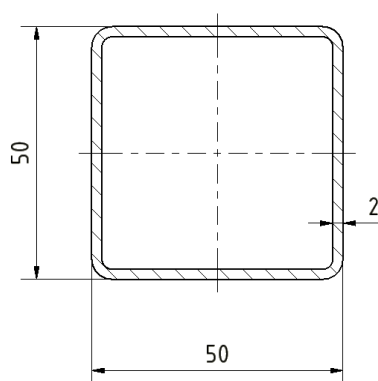
4.3 Návrh a kontrola rámu stavební míchačky na beton

Rám bubnu je svařen z tenkostěnných profilů čtvercového průřezu (TR 4HR 50 × 2 – 1000 ČSN 42 6935.1), bezešvých ocelových trubek (TR ϕ 31,8 × 3,2 ČSN 42 5715.01) a kruhových tyčí válcovaných za tepla (ϕ 80 ČSN 02 42 5511.12). Rám je tvořen dvěma svislými profily čtvercového průřezu, které jsou spojeny jedním vodorovným profilem. Pro zvýšení tuhosti rámu míchačky je v místě spojení vodorovného profilu se svislým ještě přivařena podpěra. Na konci obou svislých profilů jsou přivařeny náboje, ve kterých jsou dále umístěny čepy rámu bubnu. Po stranách jednoho ze svislých profilů jsou pod úhlem přivařeny dva profily, které jsou na druhém konci svařeny s trubkou. V této trubce jsou vloženy a přivařeny čepy kol. Nakonec je na přední straně jednoho ze svislých profilů přivařena trubka, která slouží jako madlo při přemísťování míchačky.



Obr.4.14 Popis rámu míchačky

Kontrola rámu na vzpěr



Obr.4.15 Průřez profilu – použito z [9, str. 310]

Protože svislé profily, ze kterých je svařen rám stavební míchačky na beton, mají docela značnou délku byla provedena kontrola na vzpěr. Pro určení zda se jedná o pružný nebo nepružný vzpěr bylo nutné nejprve vypočítat štíhlostní poměr λ dle vztahu:

$$\lambda < \lambda_m, \quad (17)$$

kde λ_m je mezní štíhlost, která dle [9, str. 48] nabývá hodnot pro nelegované ocel $\lambda_m = (99 \div 105)$ [-], byla zvolena mezní štíhlost $\lambda_m = 100$ [-]

$$\lambda = \frac{l_{ns}}{i} = \frac{560}{19,613} = 28,552 \text{ [-]}, \quad (18)$$

kde l_{ns} je délka namáhané součásti, respektive délka profilu, $l_{ns} = 560$ [mm], i je poloměr kvadratického momentu průřezu, který byl vypočten dle vztahu:

$$i = \sqrt{\frac{J}{S}} = \sqrt{\frac{147\,712}{384}} = 19,613 \text{ [mm]}, \quad (19)$$

Kde J je kvadratický moment průřezu a S je plocha průřezu, které byly vypočítány dle vztahů:

$$J = J_1 - J_2 = \frac{a_1^4}{12} - \frac{a_2^4}{12} = \frac{50^4}{12} - \frac{46^4}{12} = 147\,712 \text{ [mm}^4] \quad (20)$$

$$S = S_1 - S_2 = a_1^2 - a_2^2 = 50^2 - 46^2 = 384 \text{ [mm}^2] \quad (21)$$

$$28,552 < 100, \quad (22)$$

Protože štíhlostní poměr λ je menší než mezní štíhlost λ_m , jedná se tedy o nepružný vzpěr. Proto byl výpočet dovolené síly proveden podle Tetmayerových rovnic. Dovolená síla se vypočte dle vztahu:

$$F_D = \frac{\sigma_{krit} \cdot S}{k} = \frac{272,611 \cdot 384}{5} = 20\,936,525 \text{ [N]}, \quad (23)$$

kde σ_{krit} je Tetmayerova – Jasinského rovnice která je dle [9, str. 915] pro ocel 11 373 rovná $\sigma_{krit} = 289 - 82 \cdot \lambda$, k je součinitel vzpěrnosti, který nabývá hodnot $k = (5 \div 15)$ [-], byl zvolen $k = 5$ [-]

$$\sigma_{krit} = 289 - 82 \cdot \lambda = 289 - 0,82 \cdot 19,987 = 272,611 [MPa] \quad (24)$$

F_{max} je maximální zatěžující síla, která působí na rám stavební míchačky, byla určena dle vztahu:

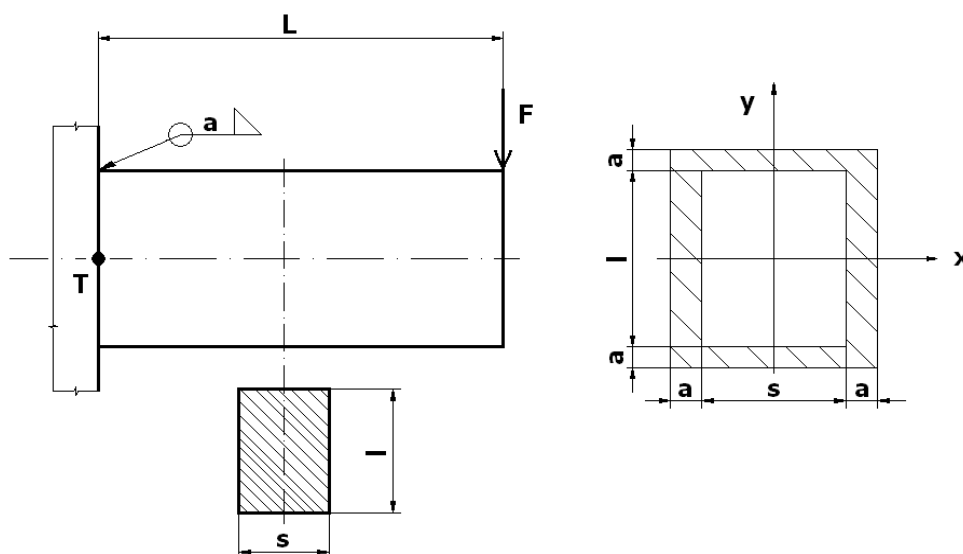
$$F_{max} = \frac{m_{max} \cdot g}{2} = \frac{356 \cdot 9,81}{2} = 1\,746,180 [N], \quad (25)$$

kde m_{max} je součet hmotností, které působí na rám stavební míchačky a g je gravitační zrychlení, $g = 9,81 [m \cdot s^{-2}]$

$$F_D > F_{max} \quad (26)$$

$$20\,936,525 [N] > 1\,746,180 [N] \quad - \text{vyhovuje} \quad (27)$$

Kontrola svaru



Obr.4.16 Sklopený nosný průřez svaru - použito z [11, str. 53]

Byla provedena kontrola svaru, který spojuje svislý profil s vodorovným profilem rámu míchačky. Kontrolovaný svar je namáhán současně ohybem a smykem. Dle [11, str. 53] byl proveden výpočet jmenovitého smykového napětí:

- od ohybového momentu dle vztahu:

$$\tau_{\perp} = \frac{M_o}{W_{osVx}} = \frac{F \cdot L}{\frac{J_{SVx}}{\frac{l}{2} + a}} = \frac{3492,360 \cdot 475}{\frac{559\,166,667}{\frac{50}{2} + 5}} = 89 [MPa], \quad (28)$$

kde F je příčná síla, $F = F_{\max} = 3492,360$ [N], l je účinná délka svaru, $l = 50$ [mm], a je velikost svaru, byla zvolena $a = 5$ [mm], J_{SVx} je kvadratický moment nosného průřezu svaru vůči ose x , který se vypočte podle [11, str. 53] dle vztahu:

$$J_{SVx} = \frac{1}{2} \cdot [(s + 2 \cdot a) \cdot (l + 2 \cdot a)^3 - s \cdot l^3] \quad (29)$$

$$J_{SVx} = \frac{1}{2} \cdot [(50 + 2 \cdot 5) \cdot (50 + 2 \cdot 5)^3 - 50 \cdot 50^3] = 559\,166,667 \text{ [mm}^4\text{]} \quad (30)$$

- jmenovitého smykového napětí od posouvající síly dle vztahu:

$$\tau_{\parallel} = \frac{F}{(s + 2 \cdot a) \cdot (l + 2 \cdot a) - s \cdot l} \quad (31)$$

τ_{\parallel} je tedy rovno:

$$\tau_{\parallel} = \frac{3\,492,360}{(50 + 2 \cdot 5) \cdot (50 + 2 \cdot 5) - 50 \cdot 50} = 3,175 \text{ [MPa]} \quad (32)$$

Výsledné napětí ve svaru musí vyhovovat podmínce:

$$\sigma_{red} = \sqrt{\left(\frac{\tau_{\perp}}{k_3}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{\parallel}}{k_4}\right)^2} \leq \beta \cdot \sigma_{Dt}, \quad (33)$$

kde k_3 a k_4 jsou převodní součinitelé a dle [11, str. 52] mají hodnoty $k_3 = 0,75$ [-] a $k_4 = 0,65$ [-], β je součinitel tloušťky koutového svaru a byl vypočten dle [11, str. 53] ze vztahu:

$$\beta = 1,3 - 0,03 \cdot z = 1,3 - 0,03 \cdot 7,050 = 1,089 \text{ [mm]}, \quad (34)$$

kde rozměr z je dle [11, str. 44] roven: $z = 1,41 \cdot a = 1,41 \cdot 5 = 7,050$ [mm]

a σ_{Dt} je dovolené napětí vypočtené dle [11, str. 54] podle vztahu:

$$\sigma_{Dt} = \frac{R_e}{k_s} = \frac{265}{1,5} = 176,667 \text{ [MPa]}, \quad (35)$$

kde R_e je mez kluzu, která dle [9, str. 223] má pro ocel 11 453 hodnotu $R_e = 265$ [MPa] a k_s je statická bezpečnost, která dle [13, str. 10] nabývá hodnot $k_s = (1,5 \div 3)$ [-], byla zvolena $k_s = 1,5$ [-]

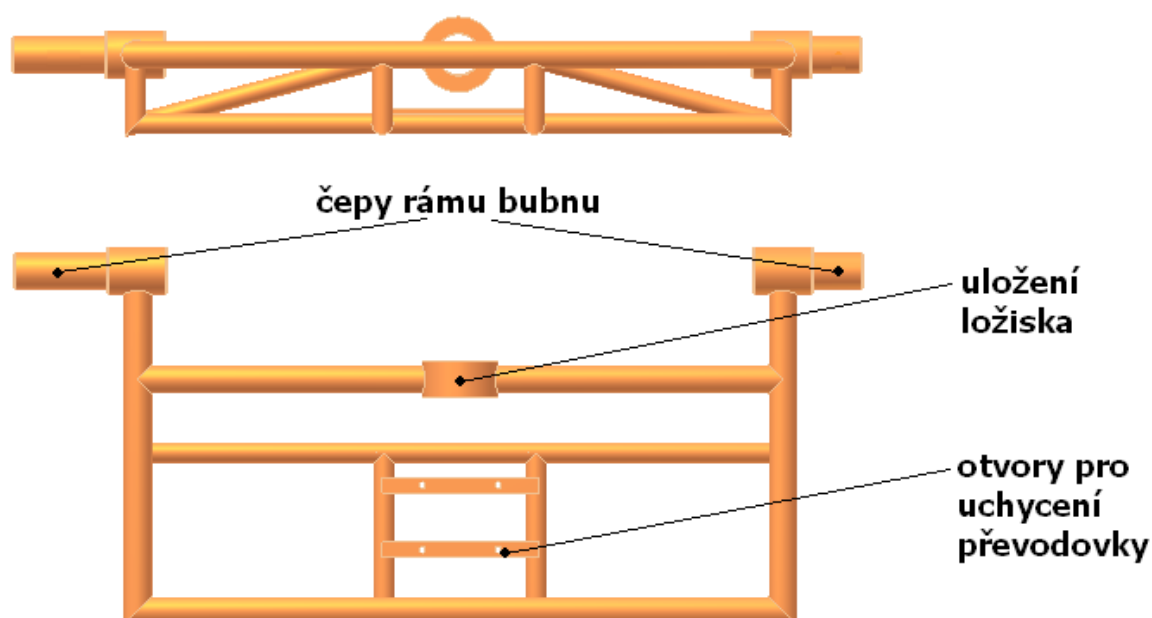
Pevnostní podmínka je tedy:

$$\sigma_{red} = \sqrt{\left(\frac{89}{0,75}\right)^2 + \left(\frac{3,175}{0,65}\right)^2} \leq 1,089 \cdot 176,667 \quad (36)$$

$$\sigma_{red} = 118,767 \text{ [MPa]} \leq 192,390 \text{ [MPa]} - \text{vyhovuje} \quad (37)$$

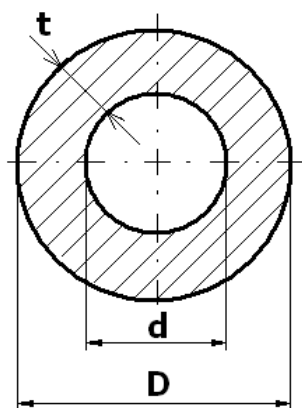
4.4 Návrh a kontrola rámu bubnu stavební míchačky na beton

Rám bubnu je svařen z bezešvých ocelových trubek (TR ϕ 38 \times 2,6 ČSN 42 5715.01 a TR ϕ 28 \times 2,6 ČSN 42 5715.01), kruhových tyčí (ϕ 65 ČSN 42 5510.12 a ϕ 100 ČSN 42 5510.12) a plochých tyčí válcovaných za tepla (PLO 20 \times 5 Z ČSN 42 55 22.01) z materiálu 11 523, který zajišťuje jejich svařitelnost. Rám bubnu je pomocí čepu spojen s rámem míchačky. Čepy mají uvnitř otvor, kterým vede napájecí kabel elektromotoru. Ke konci delšího čepu je přivařeno kruhové madlo, kterým nastavujeme potřebnou polohu bubnu míchačky. Rám bubnu je konstruován tak aby osa otáčení bubnu protínala osu otáčení rámu bubnu. Protože k největšímu namáhání dochází v místě uložení ložiska, je rám v tomto místě vyztužen podpěrami. V příloze C je uvedena pevnostní analýza rámu bubnu stavební míchačky na beton.



Obr.4.17 Popis rámu bubnu

Návrh tloušťky stěny čepu rámu bubnu



Obr. 4.18 Průřez čepu rámu bubnu

Dle [9, str. 38] byl z průřezového modulu v ohybu pro mezikruhový průřez vypočítán malý průměr mezikruží d a jeho odečtením od velkého průměru D , pak byla získána tloušťka stěny čepu rámu bubnu. Malý průměr mezikruží byl určen ze vztahu:

$$W_o = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{D^4 - d^4}{D} \Rightarrow d = \sqrt[4]{D^4 - \frac{W_o \cdot D}{\frac{\pi}{32}}}, \quad (38)$$

kde D je velký průměr mezikruží, respektive velký průměr čepu, byl zvolen $D = 50$ [mm] a průřezový modul v ohybu pro mezikruhový průřez W_o byl určen z ohybové rovnice dle vztahu:

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} \leq \sigma_D \Rightarrow W_o = \frac{M_o}{\sigma_D} = \frac{785\,781}{222} = 3539,554 \text{ [mm}^3\text{]}, \quad (39)$$

kde M_o je ohybový moment a σ_D je dovolené napětí v ohybu, tyto hodnoty byly vypočítány dle vztahů:

$$M_o = \frac{F_{max} \cdot L}{2} = \frac{3\,492,360 \cdot 0,45}{2} = 785,781 \text{ [Nm]}, \quad (40)$$

kde L je vzdálenost mezi těžištěm svaru a působištem příčné síly, $L = 450$ [mm]

$$\sigma_D = \frac{R_e}{k_s} = \frac{333}{1,5} = 222 \text{ [MPa]}, \quad (41)$$

kde R_e je mez kluzu, která dle [13, str. 16] má pro ocel 11 523 hodnotu $R_e = 333$ [MPa] a k_s je statická bezpečnost, která dle [13, str. 10] nabývá hodnot $k_s = (1,5 \div 3)$ [-], byla zvolena $k_s = 1,5$ [-]

Malý průměr mezikruží, respektive malý průměr čepu je tedy roven:

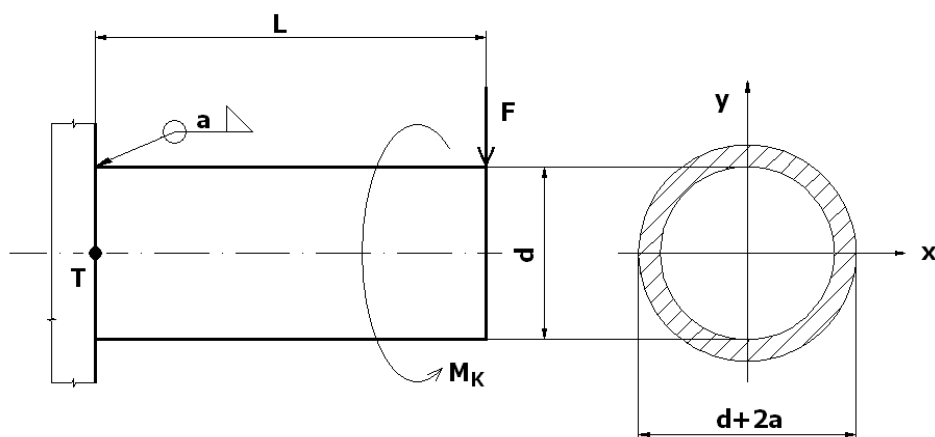
$$d = \sqrt[4]{50^4 - \frac{3539,554 \cdot 50}{\frac{\pi}{32}}} = 45,922 \text{ [mm]} \quad (42)$$

Tloušťka stěny čepu rámu bubnu je tedy rovna:

$$t = D - d = 50 - 45,922 = 4,078 \text{ [mm]} \Rightarrow t = 5 \text{ [mm]} \quad (43)$$

Tloušťka stěny byla zvýšena na $t = 5 \text{ [mm]}$

Kontrola svaru čepu rámu bubnu



Obr.4.19 Sklopený nosný průřez svaru - použito z [11, str. 54]

Byla provedena kontrola svaru, který spojuje čep rámu bubnu s bezešvou trubkou, ze kterých je rám bubnu vytvořen. Dle [11, str. 54] byl proveden výpočet jednotlivých jmenovitých napětí od jednotlivých namáhání:

- od krouticího momentu dle vztahu:

$$\tau_{\parallel}^{M_K} = \frac{M_K}{W_{KSV}} = \frac{M_K}{\frac{J_{PSV}}{\frac{d}{2} + a}} = \frac{F \cdot R}{\frac{\pi}{32} \cdot [(d + 2 \cdot a)^4 - d^4] \cdot \frac{d}{2} + a}, \quad (44)$$

kde F je příčná síla, $F = F_{\max} = 3492,360 \text{ [N]}$, R je poloměr, $R = d/2 = 19 \text{ [mm]}$, d je průměr svařovaného profilu, $d = 38 \text{ [mm]}$, a je velikost svaru, byla zvolena $a = 5 \text{ [mm]}$

$\tau_{\parallel}^{M_K}$ je tedy rovno:

$$\tau_{\parallel}^{M_K} = \frac{3492,360 \cdot 19}{\frac{\pi}{32} \cdot [(38 + 2 \cdot 5)^4 - 38^4]} = 5,033 \text{ [MPa]} \quad (45)$$

- jmenovitých napětí od posouvající síly dle vztahu:

$$\tau_{\perp}^F = \frac{F}{S_{SV}} = \frac{F}{\frac{\pi}{4} \cdot [(d + 2 \cdot a)^2 - d^2]} = \frac{3492,360}{\frac{\pi}{4} \cdot [(38 + 2 \cdot 5)^2 - 38^2]} = 5,170 \text{ [MPa]} \quad (46)$$

- jmenovitých napětí od ohybového momentu dle vztahu:

$$\tau_{\perp}^{M_o} = \frac{M_o}{W_{oSV}} = \frac{F \cdot L}{\frac{J_{SVx}}{\frac{d}{2} + a}} = \frac{F \cdot L}{\frac{\pi}{64} \cdot [(d + 2 \cdot a)^4 - d^4]} \quad (47)$$

$\tau_{\perp}^{M_o}$ je tedy rovno:

$$\tau_{\perp}^{M_o} = \frac{3492,360 \cdot 330}{\frac{\pi}{64} \cdot [(38 + 2 \cdot 5)^4 - 38^4]} = 174,814 \text{ [MPa]}, \quad (48)$$

kde L je vzdálenost mezi těžištěm svaru a působištem příčné síly, L = 330 [mm]

Výsledné napětí ve svaru musí vyhovovat podmínce:

$$\sigma_{red} = \sqrt{\left(\frac{\tau_{\perp}^{M_o}}{k_3}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{\parallel}^{M_K}}{k_4}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{\perp}^F}{k_3}\right)^2} \leq \beta \cdot \sigma_{Dt}, \quad (49)$$

kde k_3 a k_4 jsou převodní součinitelé a dle [11, str. 52] mají hodnoty $k_3 = 0,75$ [-] a $k_4 = 0,65$ [-], β je součinitel tloušťky koutového svaru a byl vypočten dle [11, str. 53] ze vztahu:

$$\beta = 1,3 - 0,03 \cdot z = 1,3 - 0,03 \cdot 7,050 = 1,089 \text{ [mm]} \quad (50)$$

kde rozměr z je dle [11, str. 44] roven: $z = 1,41 \cdot a = 1,41 \cdot 5 = 7,050$ [mm]

a σ_{Dt} je dovolené napětí vypočtené dle [11, str. 52] podle vztahu:

$$\sigma_{Dt} = \frac{R_e}{k_s} = \frac{333}{1,5} = 222 \text{ [MPa]}, \quad (51)$$

kde R_e je mez kluzu, která dle [13, str. 16] má pro ocel 11 523 hodnotu $R_e = 333$ [MPa] a k_s je statická bezpečnost, která dle [13, str. 10] nabývá hodnot $k_s = (1,5 \div 3)$ [-], byla zvolena $k_s = 1,5$ [-]

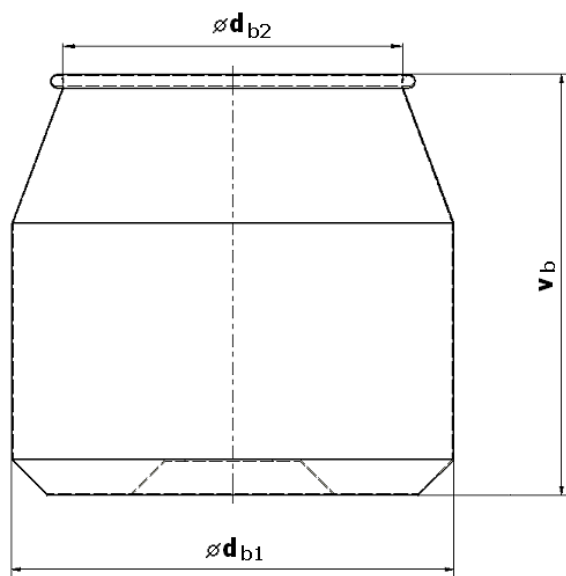
Pevnostní podmínka je tedy:

$$\sigma_{red} = \sqrt{\left(\frac{174,814}{0,75}\right)^2 + \left(\frac{5,033}{0,65}\right)^2 + \left(\frac{5,170}{0,75}\right)^2} \leq 1,089 \cdot 222 \quad (52)$$

$$\sigma_{red} = 233,316 \text{ [MPa]} \leq 241,758 \text{ [MPa]} - \text{vyhovuje} \quad (53)$$

4.5 Návrh bubnu stavební míchačky na beton

Buben stavební míchačky na beton je vyroben z ocelového plechu o tloušťce 2 mm. Uvnitř bubnu jsou pomocí nýtů uchyceny dvě míchací lopatky a na dně bubnu je vytvořen prolis. Ten je zde proto, aby nedocházelo k usazování materiálu a také kvůli posunutí těžiště bubnu, což ulehčuje vyvážení bubnu. V prolisu je vyvrtáno 6 děr, ve kterých jsou šrouby, spojující buben míchačky s přírubou. Aby nedocházelo k prosakování betonové směsi přes otvory šroubů, je mezi bubnem a přírubou vloženo těsnění.



Obr.4.20 Buben stavební míchačky na beton

Malý průměr bubnu d_{b2} byl navržen tak, aby se do bubnu dobře sypal materiál lopatou. Při šířce lopaty cca 300 [mm] byl zvolen $d_{b2} = 500$ [mm]. Velký průměr d_{b1} byl vhodně zvolen, $d_{b1} = 650$ [mm]. Výška bubnu v_b byla vypočtená z objemu komolého kužele z [9, str. 16] dle vztahu:

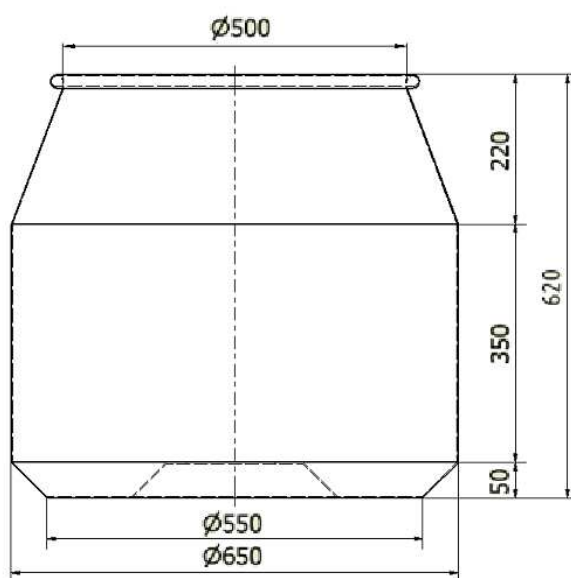
$$V_b = \frac{1}{12} \cdot \pi \cdot v_b \cdot (d_{b1}^2 + d_{b1} \cdot d_{b2} + d_{b2}^2) \Rightarrow v_b = \frac{12 \cdot V_b}{\pi \cdot (d_{b1}^2 + d_{b1} \cdot d_{b2} + d_{b2}^2)}, \quad (54)$$

kde V_b je objem bubnu daný zadáním diplomové práce, $V_b = 130$ [l]

výška bubnu je tedy rovna:

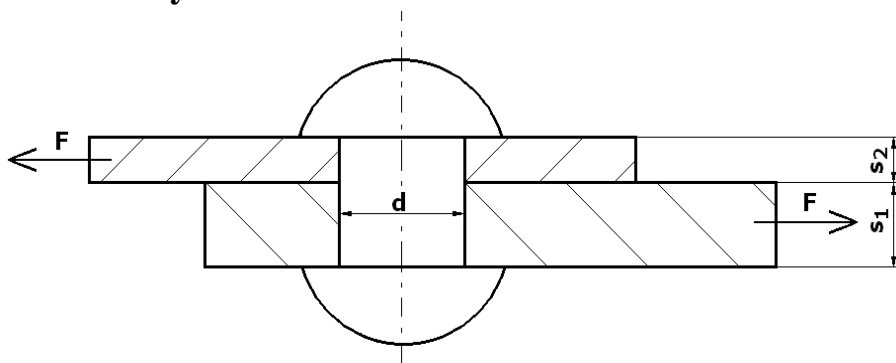
$$v_b = \frac{12 \cdot 130\,000\,000}{\pi \cdot (650^2 + 650 \cdot 500 + 500^2)} = 497,808 \text{ [mm]} \quad (55)$$

Velikost vypočtené výšky bubnu byla zvýšena na hodnotu $v_b = 620$ [mm]. A to z důvodu tvaru bubnu (nejedná se přímo o komolý kužel, spíše o komolý kužel spojený s válcem a také z důvodu prolisu na dně bubnu. Ostatní rozměry bubnu byly vhodně zvoleny.



Obr.4.21 Rozměry bubnu stavební míchačky na beton

Návrh a kontrola nýtů



Obr.22 Zatížení nýtu - použito z [9, str. 458]

Pro spojení míchacích lopatek s bubnem míchačky byly zvoleny nýty s půlkulatou hlavou, a to proto, že oproti šroubovému spoji zajišťují lepší těsnost bubnu. Zvolené nýty jsou namáhány jednostřížně. Z [9, str. 458] byl zvolen: NÝT 6 × 14 ČSN 02 2301.1, počet nýtu byl určen z kontroly na otlačení dle vztahu:

$$p = \frac{F}{s_{\min} \cdot d_n \cdot n} \leq p_D \Rightarrow n = \frac{F}{s_{\min} \cdot d_n \cdot p_D} = \frac{1402,830}{2 \cdot 12 \cdot 120} = 0,487 \Rightarrow 2 \text{ nýty}, \quad (56)$$

kde s_{\min} je minimální tloušťka spojovaného materiálu, p_D je dovolený tlak, který nabývá hodnot $p_D = (60 \div 80)$ [MPa], byl zvolen $p_D = 60$ [MPa] a d_n je průměr nýtu, který se předběžně určí z podmínky:

$$s_{\text{celk}} < 12 \text{ [mm]} \Rightarrow d_n = 2 \cdot s_{\text{celk}} = 2 \cdot 6 = 12 \text{ [mm]}, \quad (57)$$

kde s_{celk} je celková tloušťka spojovaného materiálu, která se určí součtem tloušťek jednotlivých materiálů.

$$s_{\text{cel}} = s_1 + s_2 = 2 + 4 = 6 \text{ [mm]} \quad (58)$$

a nakonec F je zatěžující síla, ta byla určena z hmotnosti betonu, který bude působit na lopatky bubnu. Velikost síly je tedy rovna:

$$F = \frac{m_{\text{betonu}}}{2} \cdot g = \frac{286}{2} \cdot 9,81 = 1402,830 \text{ N} \quad (59)$$

Vypočtená hodnota počtu nýtů byla zvednuta na dva nýty. Z kontroly na stříh pak byla vypočtena skutečná velikost průměru nýtu d dle vztahu:

$$\tau_s = \frac{F}{\frac{\pi \cdot d_n^2}{4}} \leq \tau_{Ds} \Rightarrow d_n = \sqrt{\frac{F}{\frac{\pi \cdot \tau_{Ds}}{4} \cdot n}} = \sqrt{\frac{1402,830}{\frac{\pi \cdot 60}{4} \cdot 2}} = 3,858 \text{ [mm]}, \quad (60)$$

kde τ_D je dovolené napětí ve stříhu, které nabývá hodnot $\tau_{Ds} = (120 \div 150)$ [MPa], bylo zvoleno $\tau_D = 120$ [MPa]. Vypočtený průměr nýtu pak byl zvýšen na velikost $d_n = 6$ [mm], aby nýt vydržel např. náraz lopaty do míchací lopatky, kterou nýt spojuje s bubnem míchačky.

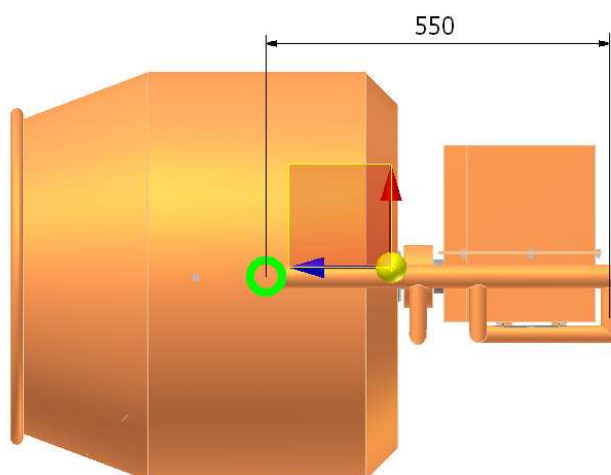
Vyvážení bubnu

Samotné vyvážení bubnu bylo provedeno v programu Autodesk Inventor. Šlo o to, aby byla hmotnost bubnu společně s hmotností betonové směsi v rovnováze proti hmotnosti pohonu, upevněném na rámu bubnu. Vyvážení se provádělo pro tři typy zatížení a pro tři různé délky rámu bubnu. A sice buben zatížený 0 [kg] (tedy prázdný buben), 143 [kg] a 286 [kg] betonové směsi a délkách rámu bubnu 425 [mm], 450 [mm] a 550 [mm]. Srovnáním polohy těžiště u jednotlivých rámu bubnu při různém zatížení byla zjištěna jeho nejvhodnější délka. Tedy délka, při které bylo dosaženo rovnovážného stavu. Pro lepší viditelnost byl čep rámu bubnu zvýrazněn zelenou barvou.

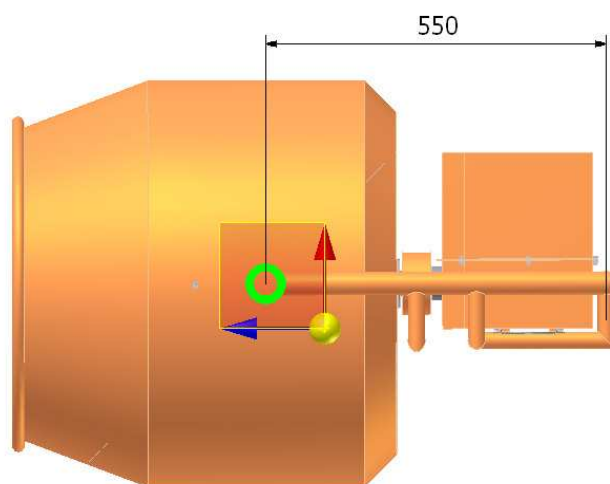
Hmotnost betonové směsi byla určena ze vztahu:

$$\rho_{betonu} = \frac{m_{betonu}}{V_b} \Rightarrow m_{betonu} = \rho_{betonu} \cdot V_b = 2200 \cdot 0,13 = 286 \text{ [kg]} \quad (61)$$

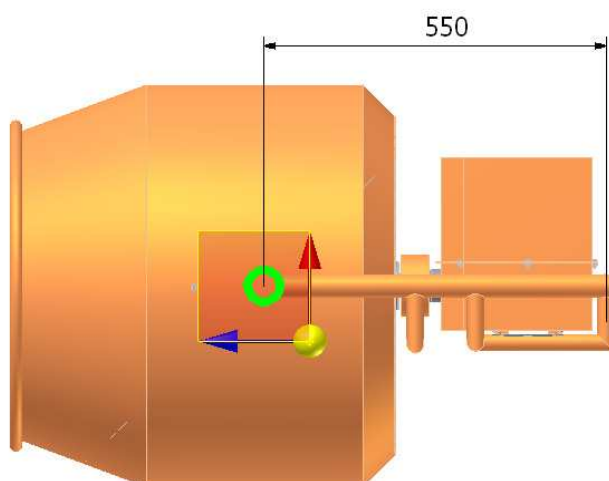
kde ρ_{betonu} je hustota betonu, určena z [9], $\rho_{betonu} = 2200 \text{ [kg} \cdot \text{m}^{-3}]$. Protože v praxi nikdy nebude buben míchačky naplněn až po okraj, je pro správné vyvážení důležitější poloha těžiště při poloviční hmotnosti betonové směsi, tedy při 143 [kg]



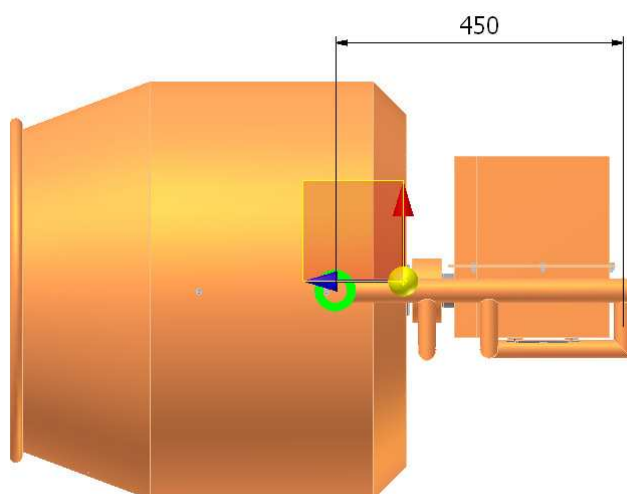
Obr.4.23 Těžiště - prázdný buben (0 kg betonové směsi) a délka rámu bubnu 550 mm



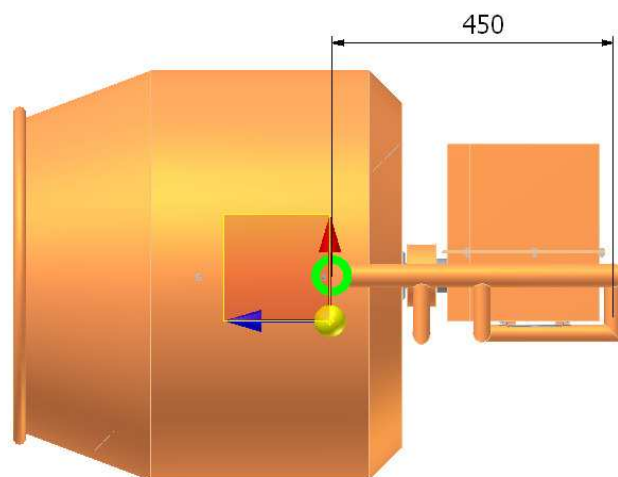
Obr.4.24 Těžiště - 143 kg betonové směsi a délka rámu bubnu 550 mm



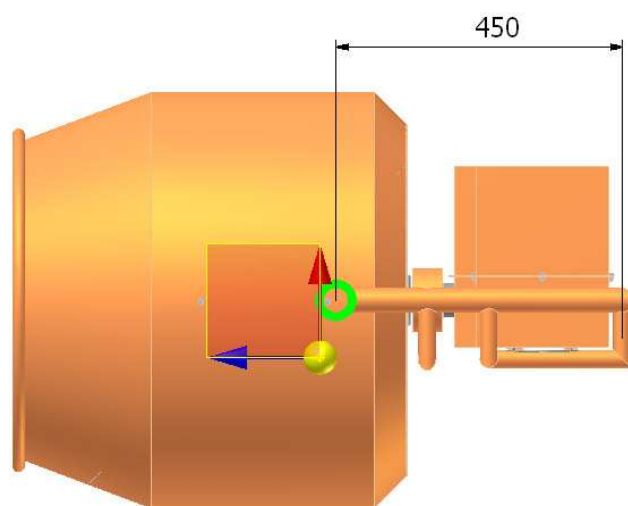
Obr.4.25 Těžiště - 286 kg betonové směsi a délka rámu bubnu 550 mm



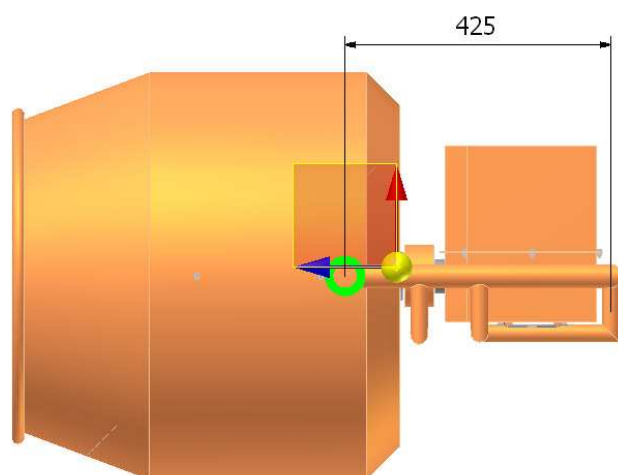
Obr.4.26 Těžiště - prázdný buben (0 kg betonové směsi) a délka rámu bubnu 450 mm



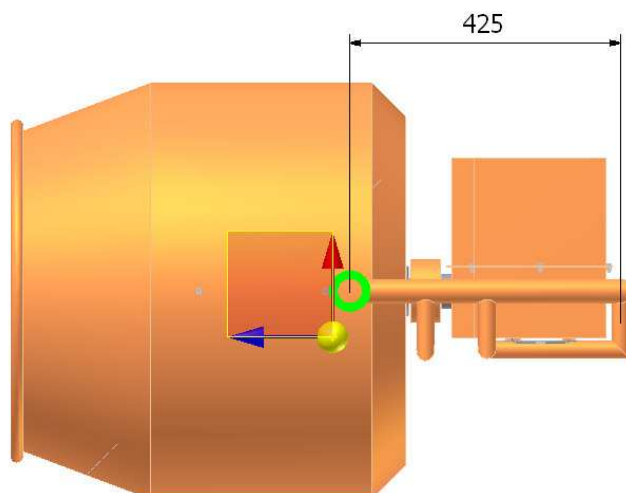
Obr.4.27 Těžiště - 143 kg betonové směsi a délka rámu bubnu 450 mm



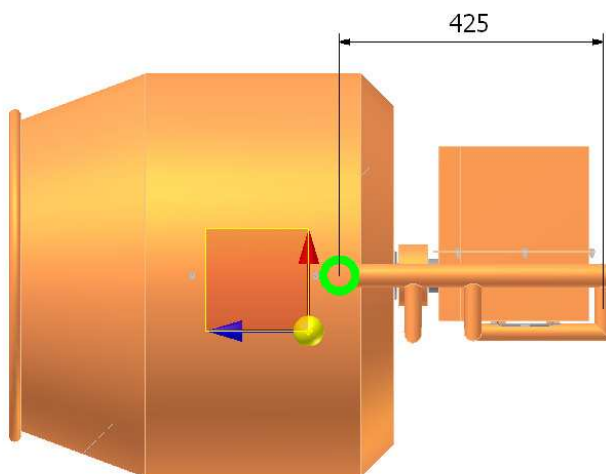
Obr.4.28 Těžiště - 286 kg betonové směsi a délka rámu bubnu 450 mm



Obr.4.29 Těžiště - prázdný buben (0 kg betonové směsi) a délka rámu bubnu 425 mm



Obr.4.30 Těžiště - 143 kg betonové směsi a délka rámu bubnu 425 mm



Obr.4.31 Těžiště - 286 kg betonové směsi a délka rámu bubnu 425 mm

Z těchto tří provedení rámu bubnu byla podle polohy těžiště určena jako nejlepší druhá varianta. Tedy rám bubnu s délkou 450 [mm], kdy při zatížení 143 [kg] betonové směsi je jeho těžiště v ose čepu rámu bubnu. Při maximálním zatížení, tedy při 286 [kg] betonové směsi je těžiště posunuto nepatrně směrem dopředu od čepu rámu bubnu a naopak při zatížení 0 [kg] betonové směsi (prázdný buben) je zase těžiště posunuto od čepu rámu bubnu směrem dozadu. Vzdálenost mezi těžištěm a osou čepu není příliš velká, ale aby nedošlo k převážení, je poloha bubnu, zajištěna pojistným kolíkem.

Výpočet pojistného kolíku

Pojistný kolík slouží k zajištění polohy bubnu stavební míchačky na beton. Velikost průměru kolíku byla provedena dle [11, str. 85] z rovnice pro výpočet napětí ve střihu τ_s :

$$\tau_s = \frac{F}{\frac{\pi \cdot d_k^2}{4}} \leq \tau_{Ds} \Rightarrow d_k = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot \tau_{Ds}}} \quad (62)$$

Průměr kolíku je tedy roven:

$$d_k = \sqrt{\frac{4 \cdot 3\,492,360}{\pi \cdot 100}} = 6,668 \text{ [mm]} \Rightarrow 10 \text{ [mm]} \quad (63)$$

kde τ_D je dovolené napětí ve střih, které má pro ocel 12 040 hodnotu $\tau_{Ds} = 100 \text{ [MPa]}$, F je střižná síla $F = F_{\max} = 3492,360 \text{ [N]}$, vypočtený průměr kolíku byl zvýšen na velikost $d_k = 10 \text{ [mm]}$, nakonec byla provedena kontrola kolíku na otlačení dle vztahu:

$$p = \frac{F}{S} = \frac{F}{l_k \cdot d_k} \leq p_D, \quad (64)$$

kde p_D je dovolený tlak, který má pro ocel 12 040 hodnotu $p_D = 80 \text{ [MPa]}$ a l_k je zvolená délka kolíku, $l_k = 20 \text{ [mm]}$

kontrola na otlačení je tedy:

$$p = \frac{3\,492,360}{20 \cdot 10} = 17,460 \text{ [MPa]} \leq 80 \text{ [MPa]} - \text{vyhovuje} \quad (65)$$

Pojistný kolík má tedy průměr $d_k = 10 \text{ [mm]}$ a délku $l_k = 20 \text{ [mm]}$

5 Postup údržby stavební míchačky na beton

Aby stavební míchačka na beton správně plnila svoji funkci, je nutné ji ihned po jejím použití očistit. Čistí se především vnější a vnitřní plochy bubnu s míchacími lopatkami a pak všechny ostatní části znečištěné betonem nebo maltou. Čištění se provádí štěrkou, kartáčem a proudem vody. Vnitřní plocha bubnu se nejlépe vyčistí, když se dá do bubnu společně s vodou pár lopat štěrku a míchačka se cca na 10 minut spustí. Buben, se nikdy nesmí čistit oklepáváním ztvrdlého betonu lopatou nebo kladivem, aby nedošlo k jeho poškození nebo vyosení. Míchačka se čistí vždy po odpojení z elektrické sítě. Při čištění je velmi důležité nezasáhnout proudem vody přepínač elektromotoru a chladicí otvor, který je umístěný ve spodní části krytu. Kryt chrání elektromotor s převodovkou před poškozením, znečištěním a vnějším vlivům (prach, vlhkost, kusy odletujícího betonu apod.). Je třeba také zkontrolovat dotažení všech matic a šroubů, a zda není ucpaný nebo zanesený chladicí otvor. Dále se provádí kontrola množství maziva v Staufferových maznicích, které mažou náboje čepů, a také promazání ložiska. Před zapojením míchačky do elektrické sítě je nutné zkontrolovat, jestli je přepínač elektromotoru v poloze „vypnuto“. Při přepravě by měl být buben míchačky v pracovní poloze (tj. v náklonu 45°) a zajištěn pojistným kolíkem a samotná míchačka by měla stát a být připevněna k vozíku. Pokud by byla míchačka přepravována na boku, mohlo by dojít k promáčknutí bubnu, a tím k poškození a narušení její správné funkce. Celá konstrukce stavební míchačky na beton je natřena ochranným nátěrem, aby nedocházelo ke korodování jednotlivých částí míchačky. Stavební míchačka na beton tedy může vykonávat svoji funkci i za nepříznivého počasí.

6 Závěr

V souladu se zadáním a se stanovenými cíly diplomové práce byla navrhnutá stavební míchačka na beton Ta, umožňuje míchání malty a betonových směsí do objemu 130 [l]. V diplomové práci byla vypracována řešerše a průzkum trhu s uvedením parametrů a cen nabízených stavebních míchaček na beton, dále bylo navrženo několik typů pohonu míchačky, ze kterých pak byl vybrán ten nejvhodnější. Práce také obsahuje návrh konstrukce a kontrolu rámu míchačky a rámu bubnu, u kterého byla provedena pevnostní analýza. Dále byl vypracován návrh rozměrů a konstrukce bubnu míchačky a provedeno jeho vyvážení. Nakonec byl vypracován postup vhodné údržby navržené míchačky. Součástí diplomové práce bylo i vypracování sestavného výkresu navržené stavební míchačky na beton. V tabulce Tab.11 jsou pak uvedeny parametry navržené stavební míchačky na beton.

Tab.11 Parametry navržené stavební míchačky na beton

Technické parametry	
Objem bubnu	130 [l]
Výkon	0,75 [kW]
Elektrické napájení	230 / 50 [V / Hz]
Hmotnost	106 [kg]
Rozměry	136 × 98 × 115 [cm]
Otáčky bubnu	30,5 [min ⁻¹]

7 Seznam použitých pramenů

- [1] HELEBRANT, F. – ZIEGLER, J.: *Technická diagnostika a spolehlivost II – Vibrodiagnostika*. VŠB – TU Ostrava, Ostrava 2004, 1. vydání, 178 s., ISBN 80- 248-0650-9.
- [2] TŮMA, J.: *Zpracování signálů získaných z mechanických systémů užitím FFT*. Sdělovací technika Praha 1997, 174 s., ISBN 80-901936-1-7.
- [3] MILÁČEK, S.: *Měření a vyhodnocování mechanických veličin*. ČVUT v Praze 2001, 231 s., ISBN 80.01-02417-2.
- [4] MARŠÁL, P.: *Stavební stroje*. Skripta. AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, s.r.o. Brno 2004, 206 s. ISBN 80-214-2774-4.
- [5] PAVLÍK, A. – DOLEŽEL, J. – FIEDLER, K.: *Technologie betonu*. Statní nakladatelství technické literatury, Praha 1973, 324 s. Zn.: 04-720-73.
- [6] *Katalog K02 – 0409 CZ nízkonapěťové motory*. fa. Siemens, 2007.
- [7] *Katalog Šnekové převodovky, řada XA, XC, XF*. fa. Tramec, 2007.
- [8] KALÁB, K.: *Části a mechanismy strojů pro bakaláře - Části pohonů strojů*. VŠB – TU Ostrava, Ostrava 2008, 146 s. ISBN 978-80248
- [9] LEINVEBER, J. ŘASA, J. VÁVRA, P.: *Strojnické tabulky*. Scientia, Praha 1999.
- [10] *Katalog hřídelové spojky RADEX - N*. fa. KTR, 2005.
- [11] KALÁB, K.: *Části a mechanismy strojů pro bakaláře - Části spojovací*. VŠB - TU Ostrava, Ostrava 2007, 90 s. ISBN 978 - 8 - 248 - 1290 – 8
- [12] KALÁB, K.: *Návrh a výpočet řemenového převodu*. Ostrava, 2008.
- [13] KALÁB, K.: *Konstrukční návrh a výpočet ručního šroubového zvedáku*. Ostrava, 2003.
- [14] www.michacky-atika.cz
- [15] www.filamos.cz
- [16] www.schwing.cz
- [17] www.almipraha.cz
- [18] www.iocp.cz
- [19] www.stavebni-michacky.com
- [20] www.vseprohobby.cz
- [21] www.stavbaplus.cz
- [22] www.obchodnaradi.cz

8 Seznam příloh

Příloha A - Průběhy napětí, momentů a průhyby hřídele

Příloha B - Rozměry řemenových převodů – pohony b) a c)

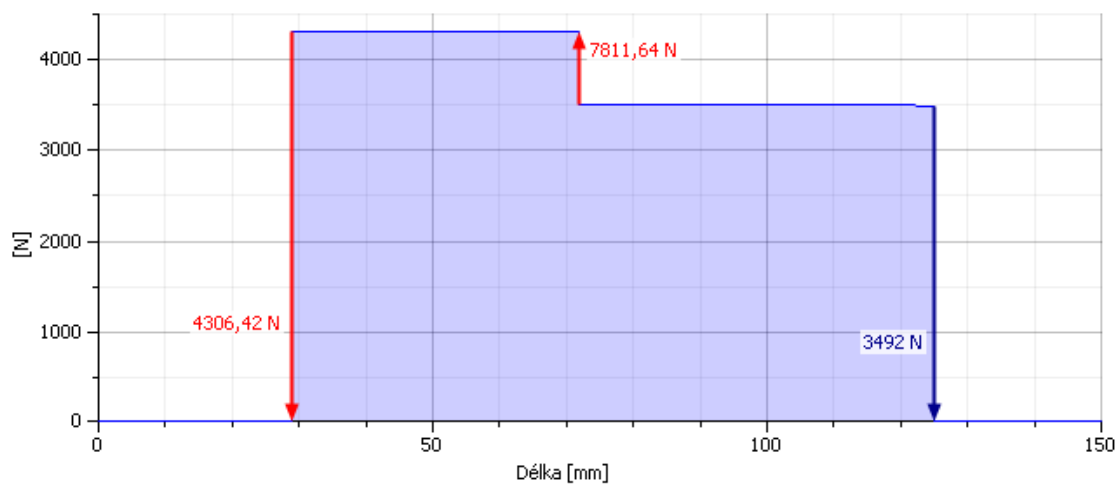
Příloha C - Pevnostní analýzy rámu bubnu

Příloha D - Diplomová práce v elektronické podobě, uložena na CD – ROMu

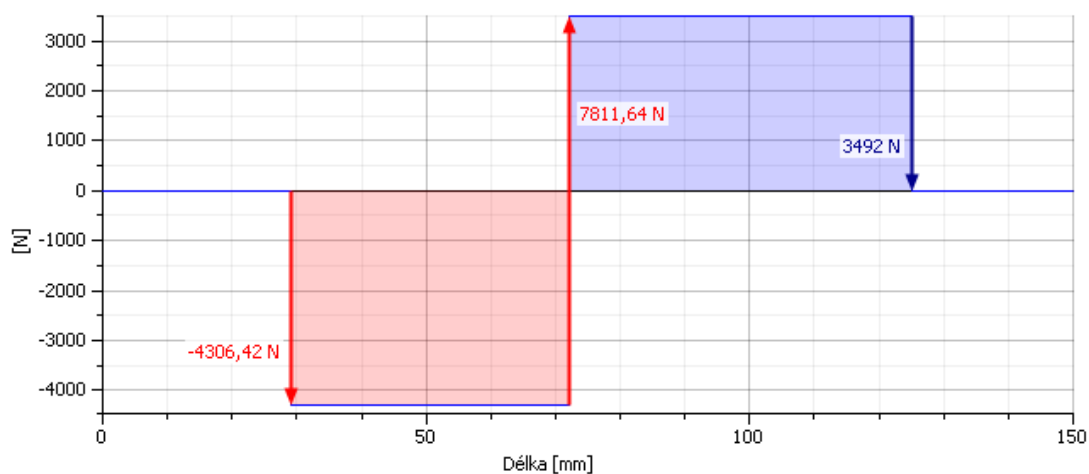
Příloha E - Sestavný výkres stavební míchačky na beton

9 Přílohy

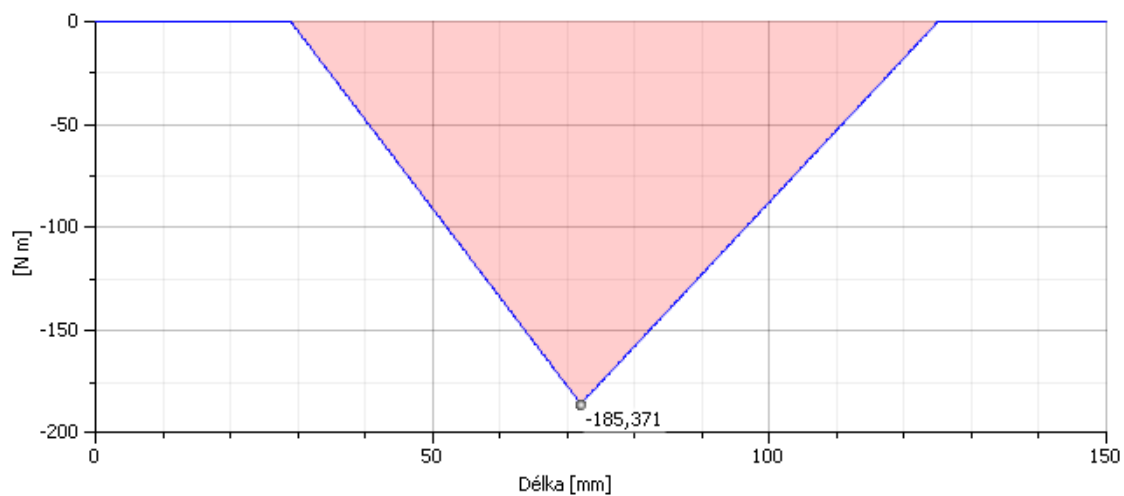
Příloha A - Průběhy napětí, momentů a průhyby hřídele



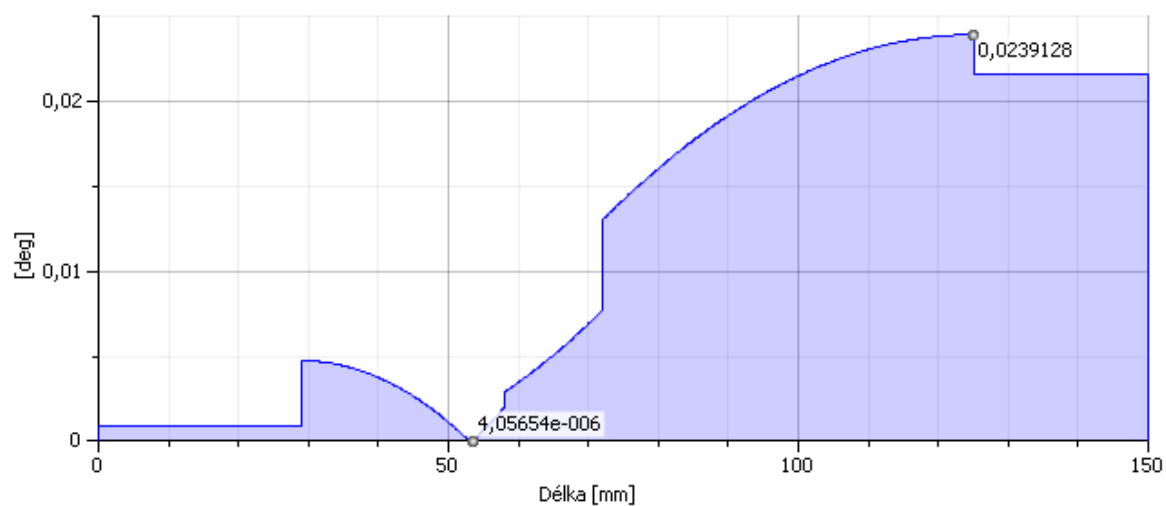
Obr.7.1 Smyková síla



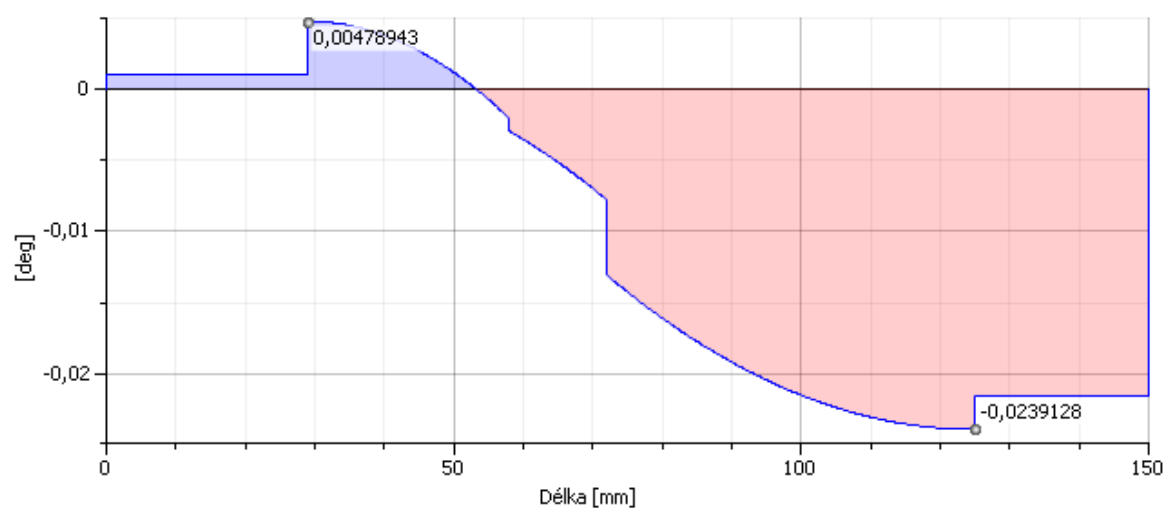
Obr.7.2 Smyková síla – rovina YZ



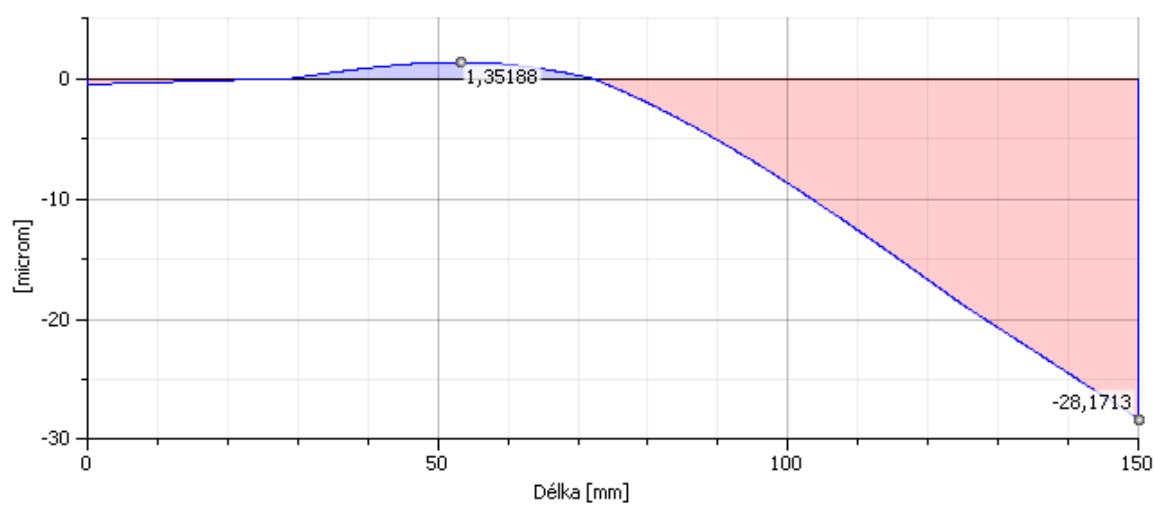
Obr.7.3 Smyková síla – rovina YZ



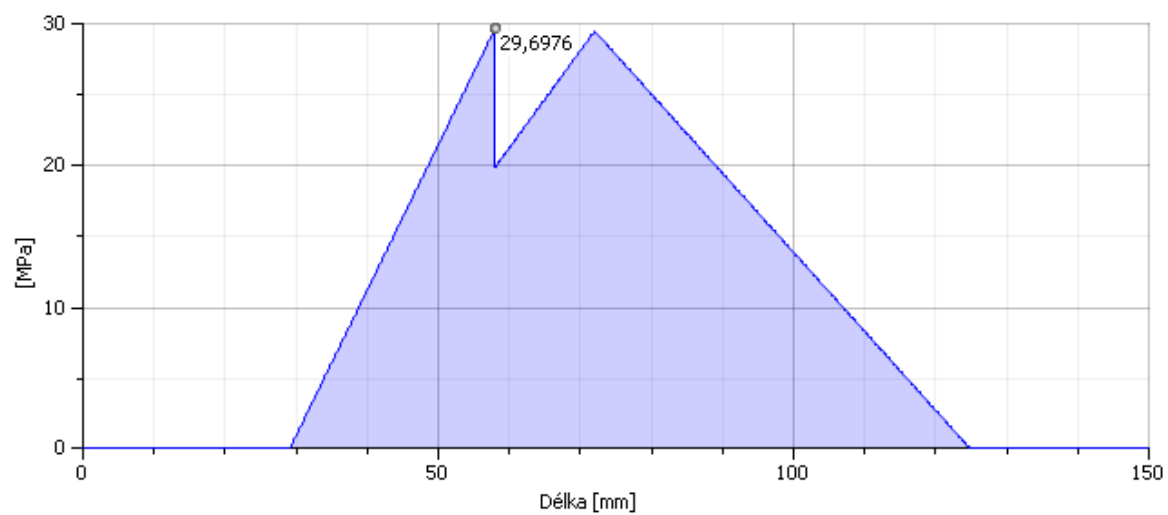
Obr.7.4 Úhel průhybu



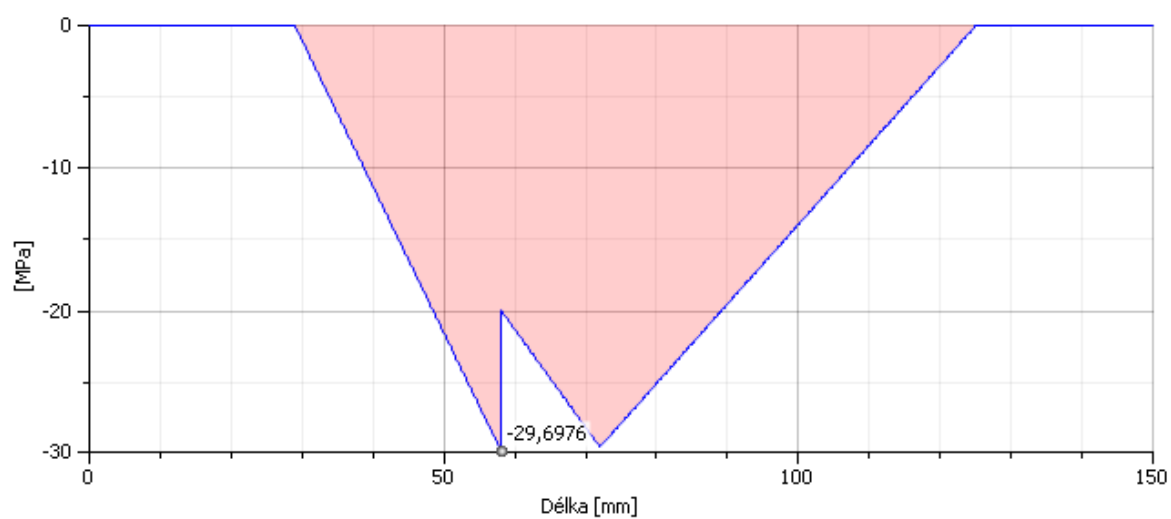
Obr.7.5 Úhel průhybu - rovina YZ



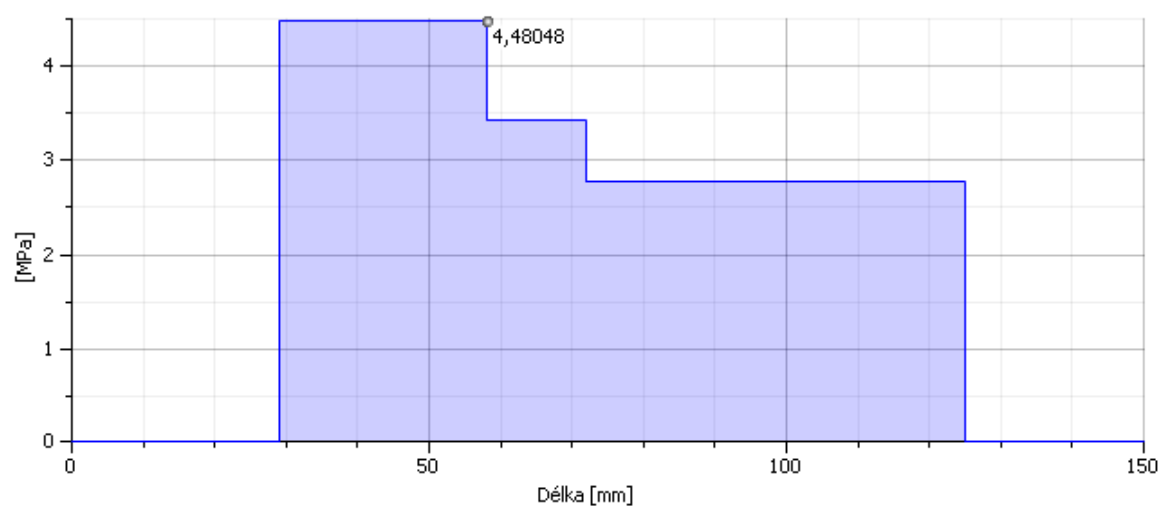
Obr.7.6 Průhyb - rovina YZ



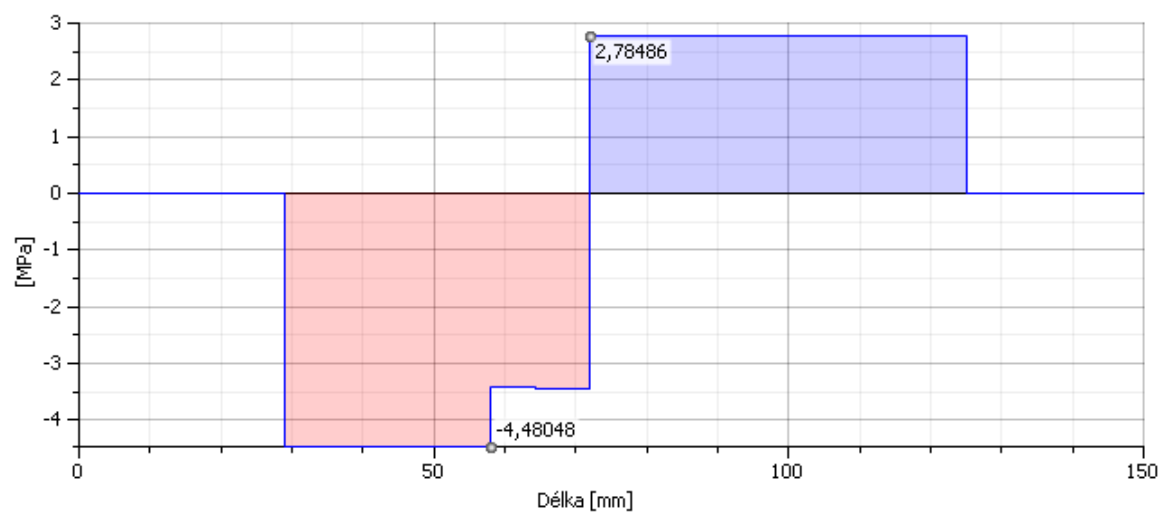
Obr.7.7 Napětí v ohybu



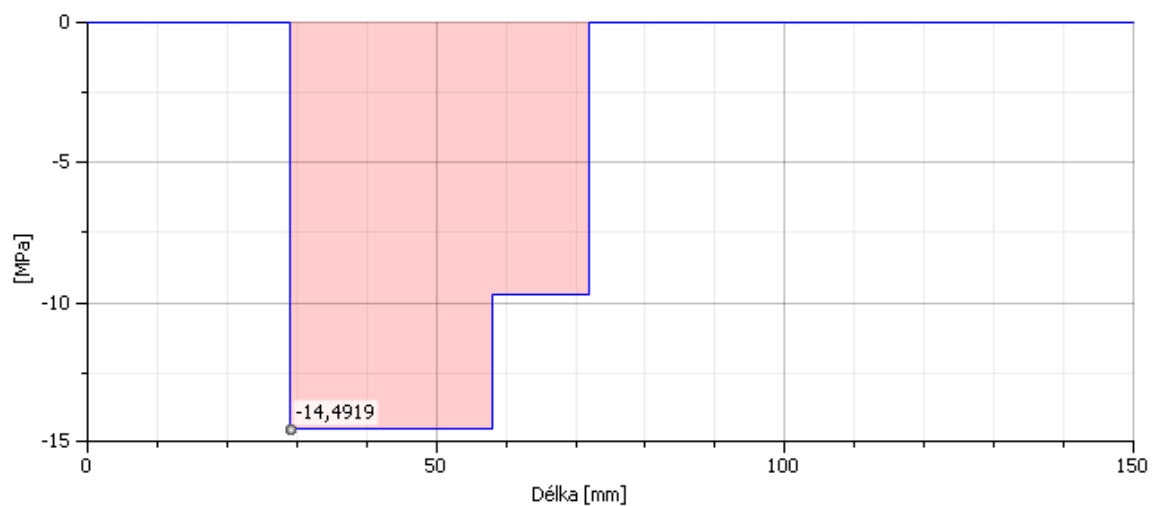
Obr.7.8 Napětí v ohybu – rovina YZ



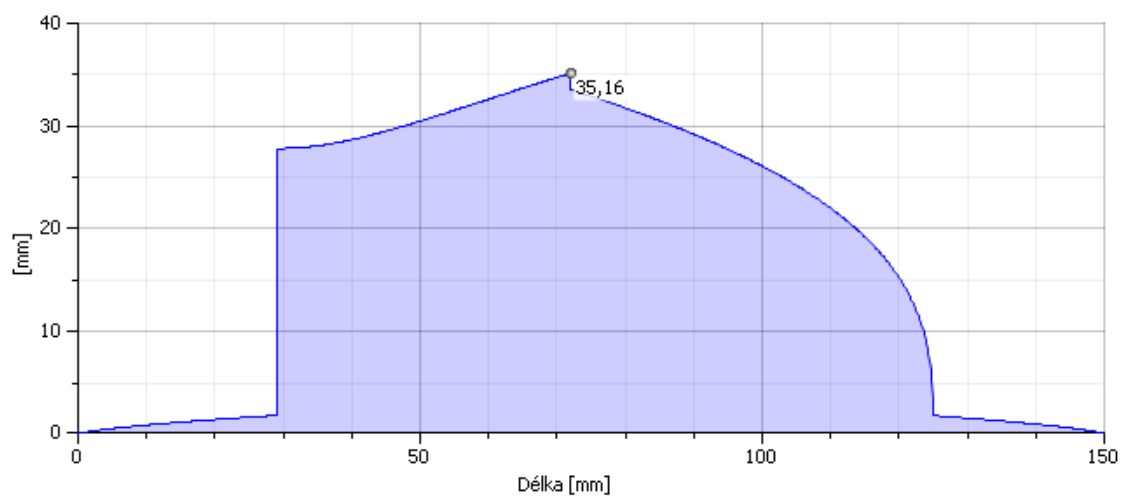
Obr.7.9 Smykové napětí



Obr.7.10 Smykové napětí – Rovina YZ



Obr.7.11 Napětí v krutu



Obr.7.12 Ideální průměr

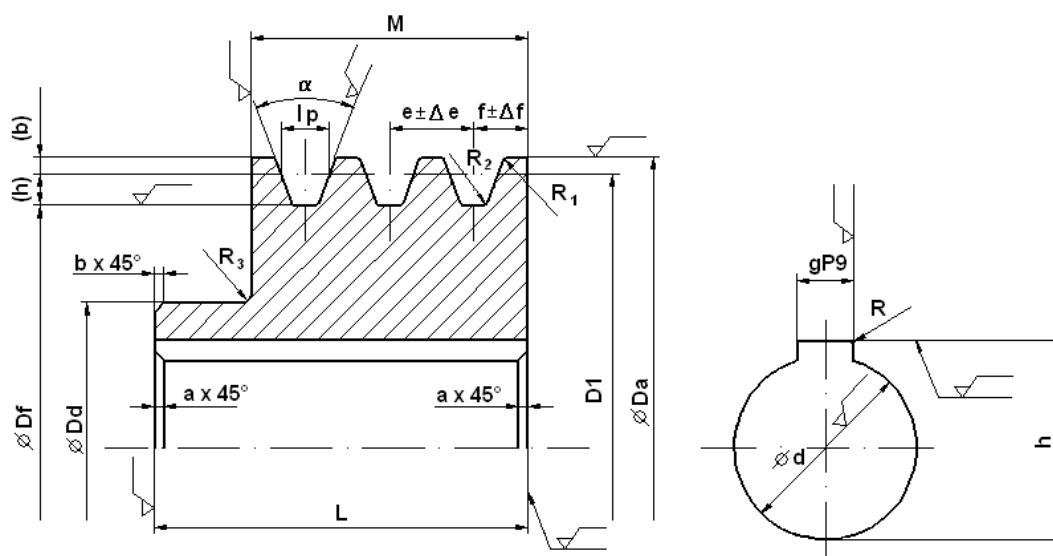
Příloha B - Rozměry řemenových převodů – pohony b) a c)

Pohon b)

Pro výpočet parametrů řemenového převodu u pohonu b), tedy pohonu složeným řemenovým převodem byl zvolen dílčí převodový poměr $i_{1,2}$ a ostatní rozměry vypočítány. U tohoto pohonu se navíc počítají dva řemenové převody, a to pro 1. převodový stupeň a 2. převodový stupeň.

Tab.12 Parametry řemenového převodu – pohon b) – 1. Převodový stupeň

Parametr	Značka	Velikost
Výkon elektromotoru	P_e	2,2 [kW]
Dílčí převodový poměr	$i_{1,2}$	3,737 [-]
Celkový převodový poměr	$i_{1,4}$	23,167 [-]
Otáčky malé řemenice	n_1	695 [min^{-1}]
Průměr malé řemenice	D_1	95 [mm]
Průměr velké řemenice	D_2	355 [mm]
Osová vzdálenost	A	350 [mm]
Délka řemene	L	1400 [mm]
Počet řemenů	K	4 [-]
4 Řemeny A – ČSN 02 3110		



Obr.7.13 Rozměry řemenice – použito z [9, str. 519]

Tab.13 Rozměry drážky pro řemen průřezu A

Parametr	Značka	Velikost
Výpočtová šířka drážky řemenice	l_p	11 [mm]
Hloubka drážky nad výpočtovou výškou	b	3,3 [mm]
Hloubka drážky pod výpočtovou výškou	h	8,7 [mm]
Výpočtový průměr řemenice	d_p	95 [mm]
Vzdálenost mezi osami drážek	$e \pm \Delta e$	$15 \pm 0,3$ [mm]
Vzdálenost mezi osou krajní drážky a nejbližší čelní stranou řemenice	$f \pm \Delta f$	10^{+2}_{-1} [mm]
Poloměr zaoblení horní hrany drážky řemenice	R	1 [mm]
Šířka řemenice	M	65 [mm]
Šířka náboje řemenice	L	70 [mm]
Úhel drážky	α	38 [°]

Tab.14 Parametry řemenového převodu – pohon b) – 2. Převodový stupeň

Parametr	Značka	Velikost
Výkon elektromotoru	P_e	2,2 [kW]
Dílčí převodový poměr	$i_{3,4}$	6,200 [-]
Celkový převodový poměr	$i_{1,4}$	23,167 [-]
Otáčky malé řemenice	n_1	186 [min ⁻¹]
Průměr malé řemenice	D_1	90 [mm]
Průměr velké řemenice	D_2	560 [mm]
Osová vzdálenost	A	470 [mm]
Délka řemene	L	2000 [mm]
Počet řemenů	K	5 [-]
5 Řemenů A – ČSN 02 3110		

Tab.15 Rozměry drážky pro řemen průřezu A

Parametr	Značka	Velikost
Výpočtová šířka drážky řemenice	l_p	11 [mm]
Hloubka drážky nad výpočtovou výškou	b	3,3 [mm]
Hloubka drážky pod výpočtovou výškou	h	8,7 [mm]
Výpočtový průměr řemenice	d_p	95 [mm]
Vzdálenost mezi osami drážek	$e \pm \Delta e$	$15 \pm 0,3$ [mm]
Vzdálenost mezi osou krajní drážky a nejbližší čelní stranou řemenice	$f \pm \Delta f$	10^{+2}_{-1} [mm]
Poloměr zaoblení horní hrany drážky řemenice	R	1 [mm]
Šířka řemenice	M	80 [mm]
Šířka náboje řemenice	L	85 [mm]
Úhel drážky	α	40 [°]

Pohon c)

Pro výpočet parametrů řemenového převodu u pohonu c), tedy pohon jednoduchým řemenovým převodem společně se šnekovou převodovkou byly dány otáčky malé řemenice výstupními otáčkami převodovky a ostatní hodnoty byly vypočítány.

Tab.16 Parametry řemenového převodu – pohon b) – 2. Převodový stupeň

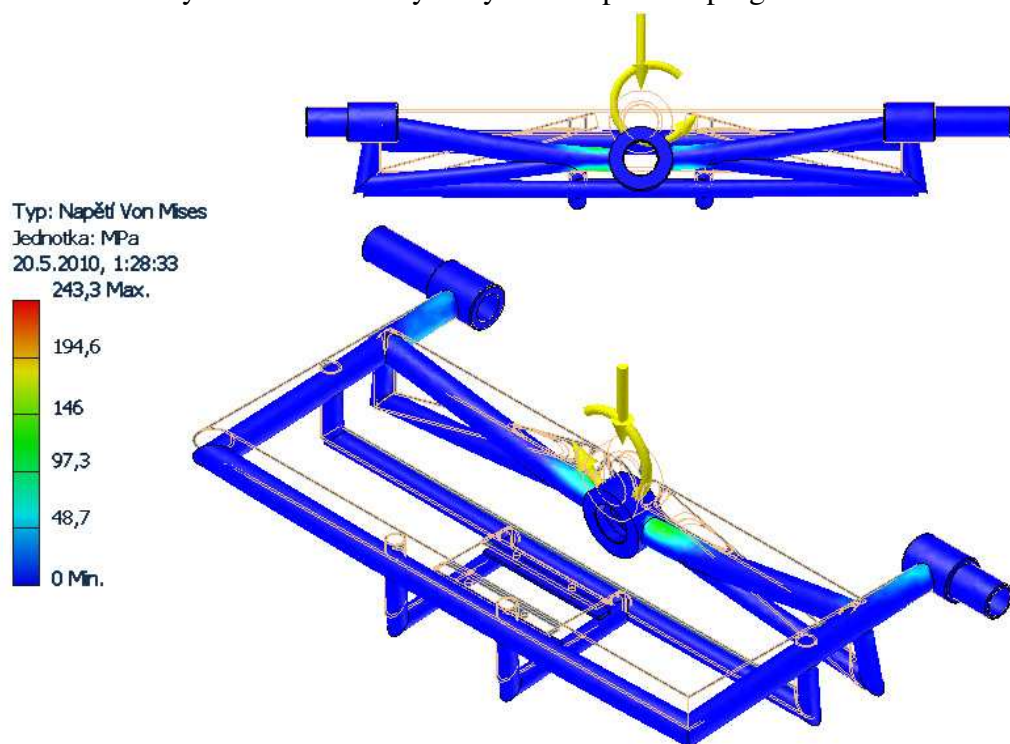
Parametr	Značka	Velikost
Výkon elektromotoru	P_e	0,75 [kW]
Převodový poměr	i	2,325 [-]
Otáčky malé řemenice	n_1	69,75 [min ⁻¹]
Průměr malé řemenice	D_1	63 [mm]
Průměr velké řemenice	D_2	150 [mm]
Osová vzdálenost	A	155 [mm]
Délka řemene	L	630 [mm]
Počet řemenů	K	2 [-]
2 Řemeny Z – ČSN 02 3110		

Tab.17 Rozměry drážky pro řemen průřezu Z

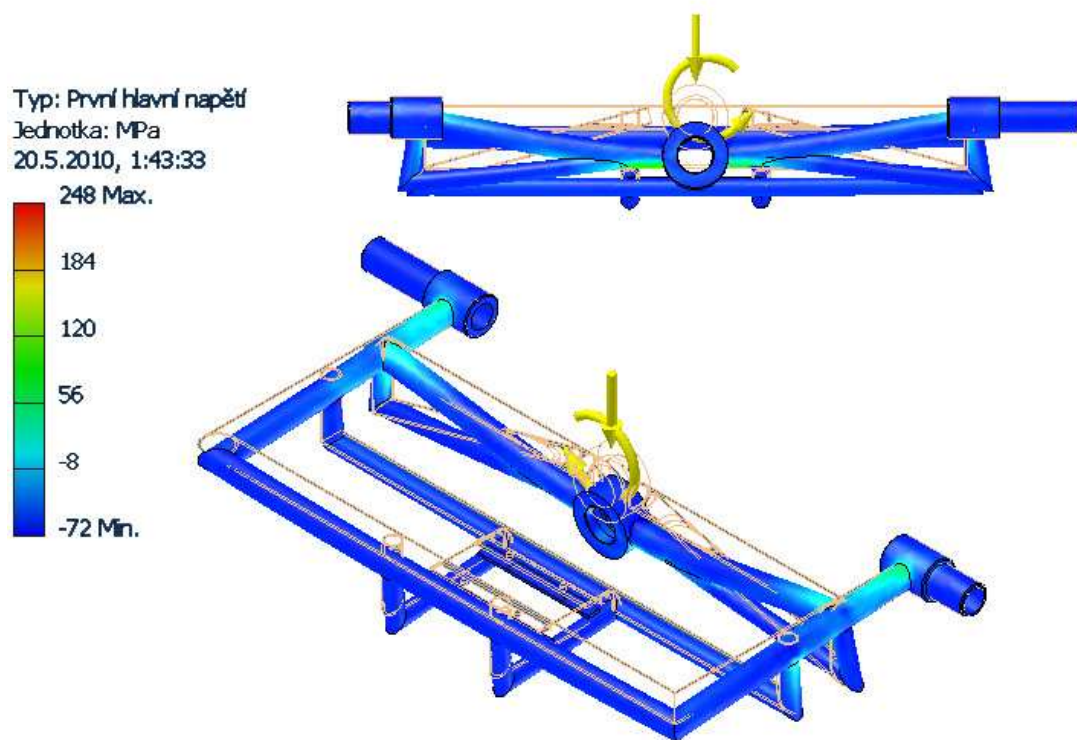
Parametr	Značka	Velikost
Výpočtová šířka drážky řemenice	l_p	8,5 [mm]
Hloubka drážky nad výpočtovou výškou	b	2,5 [mm]
Hloubka drážky pod výpočtovou výškou	h	7 [mm]
Výpočtový průměr řemenice	d_p	63 [mm]
Vzdálenost mezi osami drážek	$e \pm \Delta e$	$12 \pm 0,3$ [mm]
Vzdálenost mezi osou krajní drážky a nejbližší čelní stranou řemenice	$f \pm \Delta f$	10 ± 1 [mm]
Poloměr zaoblení horní hrany drážky řemenice	R	0,5 [mm]
Šířka řemenice	M	28 [mm]
Šířka náboje řemenice	L	36 [mm]
Úhel drážky	α	38 [°]

Příloha C - Pevnostní analýza rámu bubnu

Pevnostní analýza rámu bubnu byla vytvořena pomocí programu Inventor.

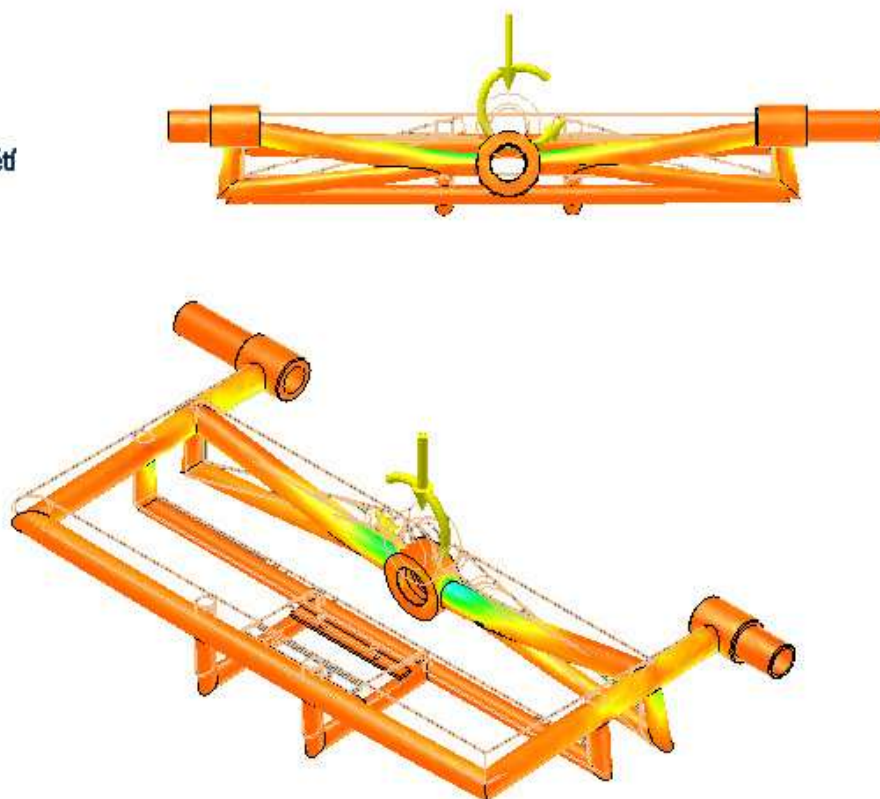
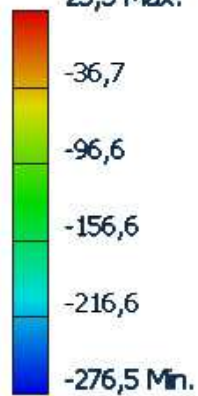


Obr.7.14 Napětí Von Mises



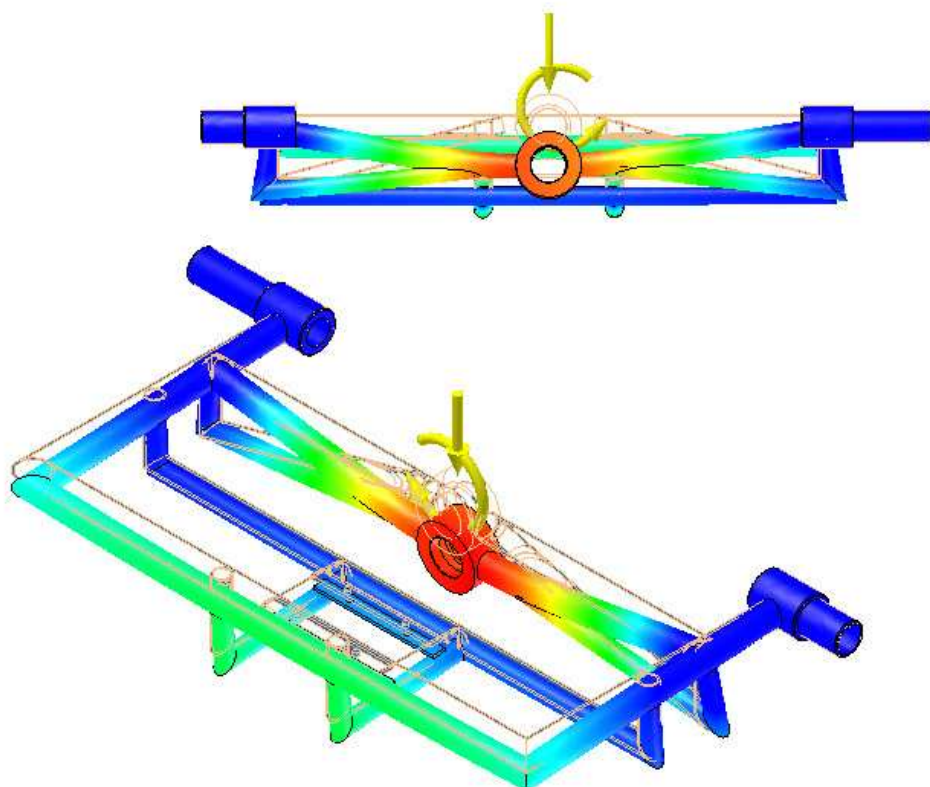
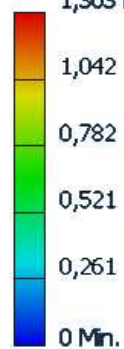
Obr.7.15 První hlavní napětí

Typ: Třetí hlavní napětí
 Jednotka: MPa
 20.5.2010, 1:55:19
 23,3 Max.



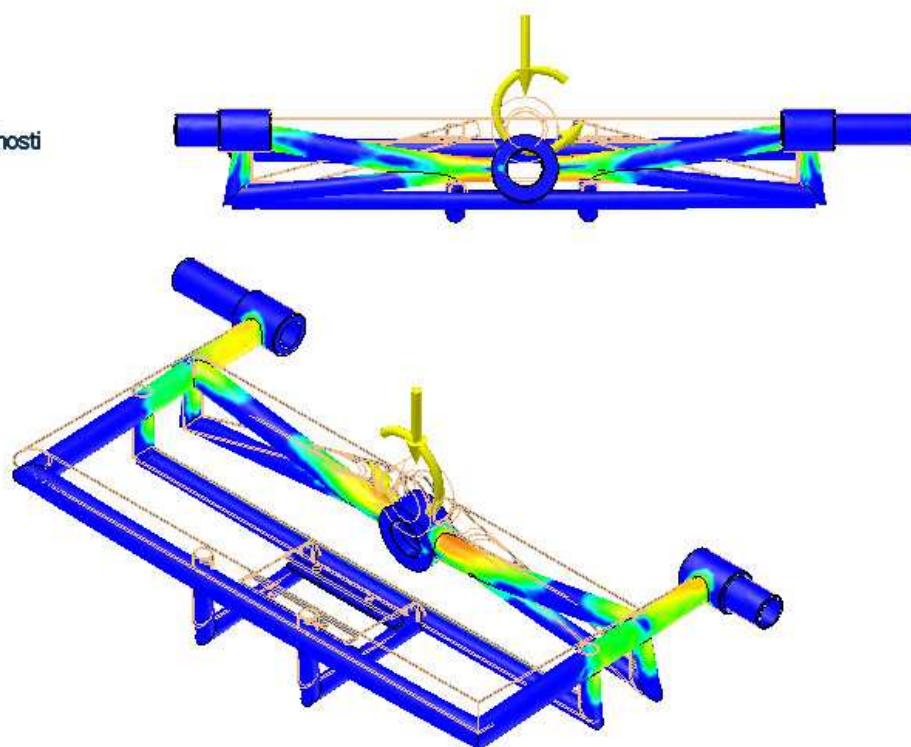
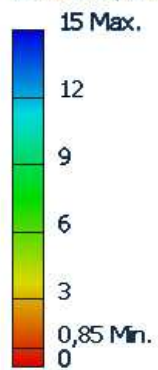
Obr.7.16 Třetí hlavní napětí

Typ: Posunutí
 Jednotka: mm
 20.5.2010, 2:05:06
 1,303 Max.



Obr.7.17 Posunutí

Typ: Součinitel bezpečnosti
Jednotka: ul
20.5.2010, 2:12:45



Obr.7.18 Součinitel bezpečnosti